

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática

Tesis

**Mejora del proceso de la planta concentradora de
una compañía minera mediante la implantación
e integración de PI System de Osisoft**

Jairsinho Joshué Patiño Franco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Sistemas e Informática

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Mg. Yuri Márquez Solís

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A Esteban y Jenny, mis padres, quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

A Esther, por ser el apoyo incondicional en mi vida, que con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

Y por supuesto, a mi querida Universidad y a todos los docentes, en especial al Ing. Yuri Marquez Solis, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi tía Milagros Elena Jesús Pichu, quién me animó en este campo de estudio y, siempre tuve su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. Ella vivió su vida, actuando concienzudamente sobre sus creencias, ayudando tanto a familiares como a extraños necesitados. Se enfrentó valientemente a su dura enfermedad, y es su ejemplo quien me mantiene perseverante en mi lucha por mis sueños

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	20
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2. Problema	29
1.2.1. Problema General	29
1.2.2. Problemas Específicos	29
1.3. Objetivos.....	29
1.3.1. Objetivo General	29
1.3.2. Objetivo Específicos	30
1.4. Justificación e importancia	30
1.4.1. Justificación teórica.....	30
1.4.2. Justificación económica	30
1.4.3. Justificación técnica.....	31
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	32
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	32
2.2. Bases teóricas	34
2.2.1. Mejora de Procesos en la compañía minera	35
2.2.2. Análisis de Datos.....	36
2.2.3. Implantar un sistema con Scrum	38
2.2.4. Sistema de información de planta: PI System	41
2.2.5. Evaluación de Factibilidad de Proyectos	42
2.2.6. Indicadores de Rentabilidad de Proyectos.....	44
2.3. Definición de términos básicos.....	47
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	50
3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	50
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	53
4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	53
4.1.1. Levantamiento de información	53
4.1.2. Requerimientos (Product Backlog).....	55
4.1.3. Catálogo de Actores	64
4.1.4. Análisis de la solución	65
4.1.5. Lista de Tareas de las Iteraciones (Sprint Backlog)	78
4.1.6. Recursos del Proyecto	87
4.2. Análisis de Viabilidad.....	89
4.2.1. Viabilidad Técnica	89
4.2.2. Viabilidad Económica	91
4.3. Diseño	95
4.3.1. Arquitectura de la solución: HU-2016-002	95
4.3.2. Diseño del módulo de colección de señales: HU-2016-001, HU-2016-002.....	98

4.3.3.	Diseño de estructura de nombres de tags según el estándar ANSI/ISA-5.1-2009: NF-2016-002	104
4.3.4.	Diseño del esquema de acceso y seguridad: HU-2016-003	105
4.3.5.	Definición de parámetros para optimización de datos capturados de señales analógicas: HU-2016-004.....	106
4.3.6.	Diseño de Pantallas de Control y Monitoreo: HU-2016-005.....	107
4.3.7.	Diseño de Pantallas de Control de Reset de Horómetros - Metalurgia: HU-2016-006	107
4.3.8.	Diseño de Estructura de Activos para PI AF: HU-2016-007.....	108
4.3.9.	Diseño de Alertas y Notificaciones de Condiciones Anormales: HU-2016-010 .	111
4.3.10.	Diseño de Reporte Diario de Cumplimiento de KPIs (Área 210): HU-2016-008	112
4.3.11.	Diseño del Reporte Diario de Operaciones Planta (Área 210): HU-2016-009 ...	117
4.3.12.	Diseño del Reporte Diario de Producción vs Costos (Planta): HU-2016-013.....	120
4.3.13.	Diseño del Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online): HU-2016-012	124
4.3.14.	Diseño de Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM): HU-2016-011	127
CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN		128
5.1.	CONSTRUCCIÓN	128
5.1.1.	Implementación y Configuración de Servidores: HU-2016-002	128
5.1.2.	Desarrollo de Pantallas de Control y Monitoreo: HU-2016-005	134
5.1.3.	Desarrollo de Pantallas de Reset de Horómetros (Metalurgia): HU-2016-006...	136
5.1.4.	Implementación del Árbol de Activos en PI AF: HU-2016-007	138
5.1.5.	Desarrollo del Reporte Diario de KPIs: HU-2016-008	144
5.1.6.	Desarrollo del Reporte Diario de Operaciones (Área Molienda): HU-2016-009.	147
5.1.7.	Desarrollo del Reporte Diario de Producción vs Costos: HU-2016-013	148
5.1.8.	Desarrollo de Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online): HU-2016-012.....	151
5.1.9.	Desarrollo de Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM): HU-2016-011	152
5.2.	Pruebas y Resultados	154
5.2.1.	Pruebas de la Integración de PI SYSTEM	159
5.2.2.	Pruebas de la Implementación de PI SYSTEM.....	162
5.2.3.	Pruebas sobre reportes desarrollados en PI SYSTEM	174
5.2.4.	Resumen de Cumplimiento de Requerimientos en base a Objetivos Específicos	189
5.2.5.	Situación actual de la compañía minera respecto al Problema General.....	194
CONCLUSIONES		203
TRABAJOS FUTUROS		204
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		205
ANEXOS		208

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: LISTADO DE PRINCIPALES UNIDADES MINERAS EN PRODUCCIÓN 2016 - COBRE - MINERÍA SUPERFICIAL	21
TABLA 2: LISTADO DE PERSONAL ENTREVISTADO PARA REQUERIMIENTOS EN PI SYSTEM	54
TABLA 3: REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	56
TABLA 4: REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	61
TABLA 5: CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	65
TABLA 6: CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	72
TABLA 7: ENTREGABLES POR REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	75
TABLA 8: ITERACIÓN N° 01: DISEÑO DE LA ARQUITECTURA Y PARÁMETROS GENERALES DE LA SOLUCIÓN.....	78
TABLA 9: ITERACIÓN N° 02: DISEÑO DE PANTALLAS Y CONFIGURACIÓN DE NOTIFICACIONES	79
TABLA 10: ITERACIÓN N° 03: DISEÑO DE REPORTES	80
TABLA 11: ITERACIÓN N° 04: IMPLEMENTAR Y CONFIGURAR SERVIDORES.....	82
TABLA 12: ITERACIÓN N° 05: IMPLEMENTAR Y CONFIGURAR SERVICIOS DE PI SYSTEM .	82
TABLA 13: ITERACIÓN N° 06: DESARROLLO DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO	84
TABLA 14: ITERACIÓN N° 07: IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVOS Y NOTIFICACIONES EN PI AF	85
TABLA 15: ITERACIÓN N° 08: DESARROLLO DE REPORTES.....	85
TABLA 16: ROLES DE TRABAJADORES Y TIEMPO REQUERIDO PARA EL PROYECTO SCRUM.....	87
TABLA 17: LISTADO DE RECURSOS FÍSICOS Y LÓGICOS.....	88
TABLA 18: LISTADO DE SISTEMAS DE OPERACIÓN Y CONTROL IMPLEMENTADOS CON SERVICIOS ASOCIADOS PARA MOSTRAR DATOS.....	90
TABLA 19: COMPARATIVA DE COSTOS DE LICENCIAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SOFTWARE ENTRE SYSTEM 800XA Y PI SYSTEM.....	91
TABLA 20: ROLES DE SERVIDORES DE PI SYSTEM.....	98
TABLA 21: RECURSOS DE HARDWARE (MEMORIA Y PROCESADOR) REQUERIDOS PARA LOS SERVIDORES DE PI SYSTEM.....	99
TABLA 22: RECURSOS DE HARDWARE (ALMACENAMIENTO) REQUERIDOS PARA LOS SERVIDORES DE PI SYSTEM	100
TABLA 23: POLÍTICAS DE SEGURIDAD POR DEFECTO DE LOS SERVIDORES DE LA COMPAÑÍA MINERA.....	100
TABLA 24: LISTADO DE SOFTWARE OSISOFT POR INSTALAR EN LOS SERVIDORES DE PI SYSTEM	102

TABLA 25: TABLA DE CONSIDERACIONES PARA LA CONFIGURACIÓN DE LA RED EN LOS SERVIDORES DE PI SYSTEM	103
TABLA 26: LISTADO DE PUERTOS A USAR POR LOS SERVICIOS DE LOS SERVIDORES DE PI SYSTEM.....	103
TABLA 27: LISTADO DE GRUPOS A DEFINIR EN EL DIRECTORIO ACTIVO	106
TABLA 28: LISTADO DE VALORES PARA EL PARÁMETRO DE EXCEPCIÓN.....	106
TABLA 29: LISTADO DE DISEÑOS DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO.....	107
TABLA 30: LISTADO DE DISEÑOS DE PANTALLAS DE CONTROL DE RESET DE HORÓMETROS	108
TABLA 31: CÁLCULOS DE KPIS PRIMARIOS Y HORAS DE OPERACIÓN.....	114
TABLA 32: CÁLCULOS DE REPORTE DIARIO DE OPERACIONES (ÁREA 210).....	119
TABLA 33: CÁLCULOS DE REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS (ÁREA 210) .	122
TABLA 34: CÁLCULOS DE REPORTE POR PERIODO DE SPLIT ONLINE PALA 1, 2 - ÁREA MINA	126
TABLA 35: CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR DE INTERFACES 400-PIAPI-001.....	130
TABLA 36: CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR DE DATA ARCHIVE 400-PIS-001	131
TABLA 37: DETALLE DE CAMPOS OBLIGATORIOS PARA LA CREACIÓN DE TAGS.....	132
TABLA 38: CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR DE ASSET FRAMEWORK 400-PIAF-001	133
TABLA 39: LISTADO DE PRUEBAS EFECTUADAS PARA VALIDAR EL CRITERIO DE ACEPTACIÓN.....	155
TABLA 40: PRUEBA DE CAPTURA DE DATOS DE INTERFACE OPCSG.....	164
TABLA 41: RESULTADO DE LA PRUEBA DE CAPTURA DE DATOS DE INTERFACE OPCSG	164
TABLA 42: PRUEBA DE CAPTURA DE DATOS DE INTERFACE OPC3.....	165
TABLA 43: RESULTADO DE LA PRUEBA DE CAPTURA DE DATOS DE INTERFACE OPCSG	165
TABLA 44: PRUEBAS DE POLÍTICAS DE ACCESO Y SEGURIDAD.....	167
TABLA 45: PRUEBAS DE ACCESO A ESTRUCTURA DE PI AF EN PI DATA LINK Y PI PROCESSBOOK	171
TABLA 46: PRUEBAS DE ACCESO A PANTALLAS – PI PROCESSBOOK / CITRIX.....	176
TABLA 47: PRUEBAS DE RESETEO DE HORÓMETROS EN PANTALLAS DE METALURGIA - PI PROCESSBOOK	181
TABLA 48: RESUMEN DE PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDO	189
TABLA 49.MATRIZ DE CONSISTENCIA	209

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ANÁLISIS DE MINERÍA CUPRÍFERA EN EL PERÚ	21
FIGURA 2: VARIABILIDAD DEL VALOR DEL COBRE (USD) ENTRE EL 2012 AL 2016	22
FIGURA 3: REPORTE DE CUMPLIMIENTO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE FALLAS DE EQUIPOS (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	25
FIGURA 4: REPORTE DE COSTOS VINCULADOS A HORAS DE OPERACIÓN DETENIDAS POR FALLAS (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	26
FIGURA 5: REPORTE DE TONELAJE DE MINERAL MOLIDO (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	27
FIGURA 6: REPORTE DE TONELAJE DE CONCENTRADO PRODUCIDO (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	27
FIGURA 7: REPORTE DE RECUPERACIÓN TOTAL DE CU (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	28
FIGURA 8: REPORTE DE LEY CU EN EL CONCENTRADO FINAL (ENERO-2016 A SETIEMBRE-2016)	28
FIGURA 9: FLUJO GENERAL DE TRABAJO DE SCRUM	38
FIGURA 10: COMPONENTES DE PI SYSTEM	42
FIGURA 11: EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD DENTRO DEL CICLO DEL PROYECTO.	43
FIGURA 12: FÓRMULA DE CÁLCULO DE LA TIR	45
FIGURA 13: FÓRMULA DE CÁLCULO DE LA TIR	46
FIGURA 14: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE IMPLANTAR PI SYSTEM EN LA EMPRESA	93
FIGURA 15: DIAGRAMA FUNCIONAL DE PI SYSTEM PARA LA COMPAÑÍA MINERA	96
FIGURA 16: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PI AF	108
FIGURA 17: ARQUITECTURA SUGERIDA POR HATCH	109
FIGURA 18: EJEMPLO DE EQUIPO PADRE - PI AF	110
FIGURA 19: EJEMPLO DE COMPONENTES Y ATRIBUTOS - PI AF	111
FIGURA 20: DISEÑO FUNCIONAL DE ENVÍO DE ALERTAS Y NOTIFICACIONES DE CONDICIONES ANORMALES	111
FIGURA 21: DISEÑO DE CORREO DE ALERTA / NOTIFICACIONES	112
FIGURA 22: DISEÑO DEL REPORTE DE CUMPLIMIENTO DE KPIS PRIMARIOS	113
FIGURA 23: DISEÑO DEL REPORTE DE CUMPLIMIENTO DE KPIS PRIMARIOS	114
FIGURA 24: DISEÑO DE ENTREGA DEL REPORTE DE CUMPLIMIENTO KPIS	117
FIGURA 25: DISEÑO DEL REPORTE DE OPERACIONES PLANTA (ÁREA 210)	118
FIGURA 26: DISEÑO DE CARGA DEL REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN (ÁREA 210)	120
FIGURA 27: DISEÑO DEL REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS (DATOS)	121
FIGURA 28: DISEÑO DEL REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS (TENDENCIAS)	122

FIGURA 29: DISEÑO DE REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS CON FUENTES DE DATOS DE TEXTO PLANO, SQL SERVER Y PI SYSTEM EN PI AF.....	124
FIGURA 30: DISEÑO DEL REPORTE POR PERIODO DE SPLIT ONLINE PALA 1, 2 - ÁREA MINA.....	125
FIGURA 31: DATOS A MOSTRAR EN VISTA EN SQL SERVER DESDE PI SYSTEM	127
FIGURA 32: FLUJOGRAMA PARA GENERAR VISTA SQL SERVER DESDE PI SYSTEM.....	127
FIGURA 33: ARQUITECTURA DE LOS SERVIDORES IMPLANTADOS	128
FIGURA 34: ARQUITECTURA DE ALTA DISPONIBILIDAD: PI COLLECTIVE & FAILOVER	129
FIGURA 35: PANTALLA DE CHANCADO (ÁREA 200) EN PI PROCESSBOOK.....	135
FIGURA 36: PANTALLA DE RESET DE HORÓMETROS DE NIDO DE CICLONES 1-4 (APEX/VORTEX) EN PI PROCESSBOOK	137
FIGURA 37: ESTRUCTURA DE PI AF IMPLEMENTADO	139
FIGURA 38: EXTRACCIÓN DE DATOS USANDO DATOS DESDE PI DATA ARCHIVE	140
FIGURA 39: EXTRACCIÓN DE DATOS USANDO DATOS DESDE PI AF	141
FIGURA 40: ATRIBUTOS EN PI AF DEL EQUIPO DE CHANCADORA PRIMARIA.....	142
FIGURA 41: ANÁLISIS EN PI AF DE CAMBIO DE ALTURA DE POSTE DEL EQUIPO DE CHANCADORA PRIMARIA	142
FIGURA 42: ACTIVAR NOTIFICACIÓN EN PI AF DE CAMBIO DE ALTURA DE POSTE DEL EQUIPO DE CHANCADORA PRIMARIA	143
FIGURA 43: CORREO RECIBIDO DE PI AF REFERENTE AL CAMBIO DE ALTURA DE POSTE DEL EQUIPO DE CHANCADORA PRIMARIA	143
FIGURA 44: SMS RECIBIDO DE PI AF EN EQUIPO MÓVIL, RELACIONADO A LA DETECCIÓN DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS: MOLINOS DE BOLAS 1 & MOLINO DE BOLAS 2...	144
FIGURA 45: JOB DE ENVÍO DE REPORTE DE KPIS.....	145
FIGURA 46: CORREO RECIBIDO DE REPORTE DE KPIS.....	145
FIGURA 47: REPORTE DE KPIS OPERACIONALES PRIMARIOS ADJUNTO EN EL CORREO	146
FIGURA 48: FÓRMULA USADA DE PI DATA LINK PARA REPORTE DIARIO DE OPERACIONES	147
FIGURA 49: REPORTE DIARIO DE OPERACIONES (ÁREA MOLIENDA)	148
FIGURA 50: DETALLE DE TABLA DE BUDGET EXPORTADA DE SQL A PI AF	149
FIGURA 51: DATOS DE TABLA BUDGET EXPORTADOS DE SQL A PI AF	149
FIGURA 52: REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS	150
FIGURA 53: REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS (TENDENCIAS)	151
FIGURA 54: REPORTE POR PERIODO DE PERFIL GRANULOMÉTRICO.....	152
FIGURA 55: QUERY CREADO EN SQL SERVER PARA OBTENER DATOS DE PI SYSTEM ..	153
FIGURA 56: TABLA POBLADA EN SQL SERVER CON DATOS DE PI SYSTEM	153
FIGURA 57: REPORTE PRESENTADO EN SAP BUSINESS OBJECT CON DATOS DE PI SYSTEM.....	154

FIGURA 58: PRUEBA DE COMPATIBILIDAD DE LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS	160
FIGURA 59: INTERFACE OPCSG, CONFIGURADA EN SERVIDOR DE INTERFACES 400-PIAPI-001.....	161
FIGURA 60: INTERFACE OPCSG, CONFIGURADA EN SERVIDOR DE INTERFACES 410-PIAPI-00.....	162
FIGURA 61: RESULTADOS DE LA DIRECTIVA DE GRUPOS DEL SISTEMA APLICADOS AL SERVIDOR: 400-PI-001	163
FIGURA 62: RESULTADO DE LAS PRUEBAS N° 1, N° 2; N° 3 DE POLÍTICAS DE ACCESO Y SEGURIDAD	167
FIGURA 63: RESULTADO DE LA PRUEBAS N° 3 DE POLÍTICAS DE ACCESO Y SEGURIDAD	168
FIGURA 64: RATIO DE DATOS ARCHIVADOS SOBRE DATOS LEÍDOS	169
FIGURA 65: RESULTADO DE LA PRUEBA N° 1 DE ACCESO A ESTRUCTURA DE PI AF POR MICROSOFT EXCEL Y PI DATALINK.....	171
FIGURA 66: RESULTADO DE LA PRUEBA N° 2 DE ACCESO A ESTRUCTURA DE PI AF POR PI PROCESSBOOK	172
FIGURA 67: EVENT FRAMES GENERADOS POR LAS ALERTAS Y NOTIFICACIONES IMPLEMENTADAS.....	173
FIGURA 68: ALERTAS DE DETENCIÓN DE EQUIPOS ENVIADAS POR SMS	174
FIGURA 69: CONFIGURACIÓN DE TASA DE ACTUALIZACIÓN - PI DATALINK	175
FIGURA 70: CONFIGURACIÓN DE TASA DE ACTUALIZACIÓN - PI PROCESSBOOK.....	175
FIGURA 71: PUBLICACIÓN DEL LIBRO DE LA PLANTA CONCENTRADORA EN UNIDAD PÚBLICA DE LA COMPAÑÍA - PI PROCESSBOOK.....	177
FIGURA 72: RESULTADO DE ACCESO A LIBRO DE PROCESSBOOK A TRAVÉS DE LA RUTA PÚBLICA - PI PROCESSBOOK	177
FIGURA 73: RESULTADO DE ACCESO A LIBRO DE PROCESSBOOK A TRAVÉS DE LA WEB - CITRIX.....	178
FIGURA 74: CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO	179
FIGURA 75: GRUPO DE PI PARA ASOCIAR USUARIOS DE METALURGIA	180
FIGURA 76: USUARIOS ASOCIADOS AL GRUPO PI DE METALURGIA.....	181
FIGURA 77: RESULTADO DE LA PRUEBA N° 1 DEL RESET DE CICLONES – PI PROCESSBOOK.....	182
FIGURA 78: RESULTADO DE LA PRUEBA N° 2 DEL RESET DE CICLONES – PI PROCESSBOOK.....	182
FIGURA 79: CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO DE REPORTE DIARIO DE KPIS OPERACIONALES	183

FIGURA 80: CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO DE REPORTE DIARIO DE OPERACIONES (ÁREA 210).....	184
FIGURA 81: CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO DE REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS.....	185
FIGURA 82: CHECKLIST DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTO DE REPORTE POR PERIODO DE PERFIL GRANULOMÉTRICO.....	186
FIGURA 83: DASHBOARD DE GRADO Y TONELAJE 12 HORAS DE SAP BUSINESS OBJECT	187
FIGURA 84: DASHBOARD DE RESUMEN DE PRODUCCIÓN 12 HORAS DE SAP BUSINESS OBJECT	188
FIGURA 85: REPORTE DE TONELAJE CONCENTRADO FINO PRODUCIDO - 2017	194
FIGURA 86: REPORTE DE CUMPLIMIENTO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO POR FALLAS DE EQUIPOS - 2017	195
FIGURA 87: FRECUENCIAS DE LA ENCUESTA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM	196
FIGURA 88: RESULTADOS DE FRECUENCIA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM - PREGUNTA 1	197
FIGURA 89: RESULTADOS DE FRECUENCIA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM - PREGUNTA 2.....	197
FIGURA 90: RESULTADOS DE FRECUENCIA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM - PREGUNTA 3.....	197
FIGURA 91: RESULTADOS DE FRECUENCIA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM - PREGUNTA 4.....	198
FIGURA 92: RESULTADOS DE FRECUENCIA: IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM - PREGUNTA 5.....	198
FIGURA 93: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE χ^2 RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE LA PREGUNTA N° 2 Y 5.....	199
FIGURA 94: TABLA CRUZADA ¿EN QUÉ ÁREA TRABAJA?*¿QUÉ SOFTWARE USA REGULARMENTE PARA ANALIZAR DATOS DE LA PLANTA CONCENTRADORA?	200
FIGURA 95: TABLA CRUZADA ¿QUÉ CARGO DESEMPEÑA EN LA EMPRESA? * ¿QUÉ SOFTWARE USA REGULARMENTE PARA ANALIZAR DATOS DE LA PLANTA CONCENTRADORA?	201

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	209
ANEXO 2: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (200) DE CHANCADO	210
ANEXO 3: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (210) DE MOLIENDA.....	211
ANEXO 4: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (220) DE FLOTACIÓN	212
ANEXO 5: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (240) DE ESPESAMIENTO DE CU.....	213
ANEXO 6: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (260) DE FILTRADO.....	214
ANEXO 7: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (255) DE RELAVES	215
ANEXO 8: ENTREVISTAS A USUARIOS DE PI SYSTEM	216
ANEXO 9: COSTOS DE LICENCIAS PI SYSTEM	241
ANEXO 10: COSTOS DE LICENCIAS SYSTEM 800XA - ABB	242
ANEXO 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS	243
ANEXO 12: LISTADO DE INSTRUMENTS TAGS A CREAR EN PI SYSTEM.....	244
ANEXO 13: PANTALLAS DE MONITOREO A IMPLEMENTAR EN PI SYSTEM (REFERENCIA DEL SYSTEM 800XA).....	251
ANEXO 14: LISTADO DE RESET HORÓMETROS – METALURGIA	259
ANEXO 15: LISTADO DE ACTIVOS INFORMADOS POR EL ÁREA DE MANTENIMIENTO (ÁREA 200, 205, 210, 255)	262
ANEXO 16: FORMATO DE REPORTE DE KPIS PARA VICE-PRESIDENCIA Y JEFATURA DE OPERACIONES (ÁREA 210).....	267
ANEXO 17: FORMATO DE REPORTE DE OPERACIONES PLANTA - MOLIENDA	268
ANEXO 18: LISTADO DE ALERTAS / NOTIFICACIONES DE SEÑALES CRÍTICAS	270
ANEXO 19: LISTADO DE DATOS DE PLANTA PARA EL DASHBOARD DE MINA	276
ANEXO 20: FORMATO DE REPORTE DE SPLIT ONLINE DE PALAS [1, 2].....	279
ANEXO 21: FORMATO DE REPORTE DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DIARIA.....	284
ANEXO 22: PROTOCOLO DE PRUEBAS PI HA / FAILOVER	286
ANEXO 23: CODIFICACIÓN DE ÁREAS DE PROCESOS.....	289
ANEXO 24: IDENTIFICACIÓN DE LETRAS SEGÚN ANSI/ISA-5.1-2009.....	291
ANEXO 25: DISEÑOS DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA CONCENTRADORA	292
ANEXO 26: DISEÑO DE PANTALLAS DE CONTROL DE RESET DE HORÓMETROS - METALURGIA	299
ANEXO 27: ENCUESTA EN GOOGLE FORMS REFERENTE AL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM.....	301

RESUMEN

Un factor común de las diversas compañías de la industria minera es que se encuentran en la búsqueda de un crecimiento sostenible con la menor inversión posible, por lo cual la mejora continua de los procesos internos es clave para promover este fin. El proceso productivo al estar asociado al principal costo e inversión de este sector, es necesario adoptar estrategias para su entendimiento ante una realidad muy cambiante, enfocándose en el análisis dinámico de los datos de la operación en tiempo real para tomar decisiones oportunas y proactivas.

En la planta concentradora de la compañía minera que se realiza el presente estudio existen diversos sistemas maduros y robustos, que son únicamente para el control y operación de la planta; pero no existe ninguna herramienta que facilite y permita el análisis en tiempo real de los datos operativos, por lo cual los usuarios denotan que sus decisiones son reactivas ante los problemas, identificándose problemas críticos como son el (i) incumplimiento del plan de producción y (ii) costos elevados para el mantenimiento de equipos.

El propósito de esta tesis, es dar cuenta de la aplicación de la Herramienta Tecnológica PI System y su efecto en la mejora de procesos operativos, por lo tanto, el objetivo principal es de Implantar PI System para la captura y análisis de datos históricos operativos de la planta concentradora de la compañía minera, bajo la metodología del marco de trabajo SCRUM, considerando para su implementación técnicas para el análisis de datos descriptivos y de diagnóstico. Por esa razón, la solución planteó como objetivos específicos: (i) Evaluar la infraestructura actual de los sistemas de control implementados, para luego (ii) implantar el sistema integral: PI System en la planta concentradora y con ello (iii) implementar los reportes y tableros de mando para los usuarios finales.

Dando como resultado, posterior a la implantación de PI System, unos indicadores favorables en el periodo 2017 respecto al 2016, logrando la meta de producción e inclusive superándola en un 2%, y en cuanto a los costos de mantenimiento se llegó a reducir en un 33% sobre el costo planificado, estos resultados son evidencia de que con PI System se está logrando identificar con precisión cómo y dónde se deben realizar las mejoras debido a la integración e historización de los diversos datos de los sistemas de la planta concentradora. En conclusión, con las herramientas del PI System los trabajadores pueden realizar un análisis de los datos operativos en tiempo real, pasando de tomar decisiones reactivas a proactivas.

Palabras clave: Sistema de captura y análisis de datos, OI, Inteligencia Operacional, PI System, Osisoft, Planta Concentradora, Sistemas de Planta.

ABSTRACT

A common factor of the various companies in the mining industry is that they are in search of sustainable growth with the least possible investment, so the continuous improvement of internal processes is key to promoting this goal. The productive process being associated with the main cost and investment of this sector, it is necessary to adopt strategies for its understanding before a very changing reality, focusing on the dynamic analysis of the operation data in real time for timely and proactive decision making.

In the concentrating plant of the mining company that carries out the present study there are several mature and robust systems, which are only for the control and operation of the plant; but there is no tool that facilitates and allows real-time analysis of operational data, so users denote that their decisions are reactive to the problems, identifying critical problems such as (i) breach of the production plan and (ii) high costs for equipment maintenance.

The purpose of this thesis is to give an account of the application of the PI System Technological Tool and its effect on the improvement of operational processes, therefore, the main objective is to implement PI System for the capture and analysis of operational historical data of The mining company concentrator plant, under the SCRUM framework methodology, considering for its implementation techniques for the analysis of descriptive and diagnostic data. For this reason, the solution proposed as specific objectives: (i) Evaluate the current infrastructure of the control systems implemented, and then (ii) implement the integral system: PI System in the concentrator plant and with it (iii) implement the reports and dashboards for end users.

As a result, after the implementation of the PI System, favorable indicators in the 2017 period compared to 2016, achieving the production goal and even exceeding it by 2%, and in terms of maintenance costs it was reduced by 33% of the planned cost, these results are evidence that with PI System it is being possible to identify precisely how and where the improvements should be made due to the integration and historization of the various data of the concentrator plant systems. In conclusion, with the tools of the PI System, workers can perform an analysis of the operational data in real time, from reactive to proactive decisions.

Keywords: Data capture and analysis system, OI, Operational Intelligence, PI System, Osisoft, Concentrating Plant, Plant Systems.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo da cuenta de la aplicación de la herramienta tecnológica de PI System y su efecto en la mejora de procesos operativos, por lo cual centra su objetivo principal en Implantar un sistema de captura y análisis de datos, con características orientadas a la disponibilidad, usabilidad y versatilidad.

PI System, busca ser una herramienta clave para mejorar el proceso de la planta concentradora de la compañía minera en estudio, debido a que actualmente al no contar con la disponibilidad de datos en forma inmediata, dificulta el análisis para la aplicación de una mejora continua de los procesos y al no tener un control oportuno sobre el uso de los equipos se tiene altos costos asociados.

Esta solución plantea como objetivos específicos: Evaluar la infraestructura actual de los sistemas de control implementados para la integración a PI System, Implantar PI System en la planta concentradora e Implementar reportes con las herramientas cliente de PI System.

El objetivo del proyecto a largo plazo es integrar los procesos de Metalurgia y Mina, respecto a datos operativos, centralizando toda la información en PI System para el uso de toda la compañía.

Este trabajo se divide en cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación:

El primer capítulo, “**Planteamiento del estudio**”, explica con buen nivel de detalle el problema identificado, así como los objetivos generales y específicos para el desarrollo de este trabajo de tesis. Asimismo, se menciona la importancia de elaboración de este proyecto de desarrollo.

El segundo capítulo, “**Marco teórico**”, describe los antecedentes del problema, tanto a nivel de trabajos similares. Del mismo modo, se explican algunos conceptos necesarios para comprender el escenario de desarrollo de esta solución.

El tercer capítulo, “**Metodología**”, sustenta el uso de la metodología SCRUM para la implantación de PI System en la compañía minera.

El cuarto capítulo, “**Análisis y diseño de la solución**”, presenta los requerimientos que se tomaron en cuenta para el proceso de desarrollo. En este capítulo se realiza un análisis de la viabilidad técnica y económica de la adquisición del sistema de información. Así también, se expone la arquitectura propuesta a emplear por el sistema y la infraestructura de nube que la soporta.

El quinto capítulo, “**Construcción**”, muestra un resumen de las tecnologías empleadas, las configuraciones aplicadas y breves capturas relevantes para el desarrollo de la solución. Además, se escriben en este capítulo la estrategia de pruebas y los resultados obtenidos de las mismas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú se vienen desarrollando varios proyectos mineros, además de seguir siendo una plaza competitiva para las inversiones mineras, y durante los últimos años se ha evidenciado el creciente interés de inversionistas de Canadá, Australia, China, Estados Unidos e Inglaterra, al margen de la difícil coyuntura que vive la minería global, nuestro país es altamente competitivo, debido a su riqueza geológica, los bajos costos de producción, la estabilidad económica, además de la experiencia y capacidad de nuestros proveedores locales. (Rumbo Minero, 2016)

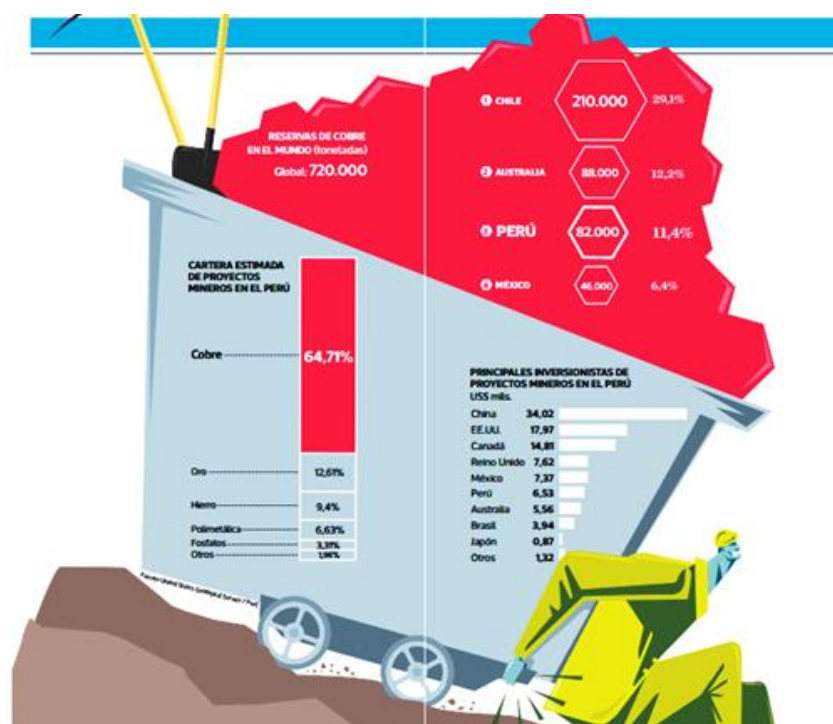
En este sector, nuestro país es un jugador importante sobre todo en el mercado cuprífero, dado que ocupamos el tercer lugar en cuanto a reservas de cobre a escala mundial (USGS Minerals, 2016), como se muestra en la Figura N° 1, más de la mitad de nuestra producción minera está basada en este mineral, teniendo a grandes compañías trabajando actualmente en nuestro país (Ministerio de Energía y Minas, 2016), listado que se detalla en la Tabla N° 1.

Tabla 1: Listado de Principales Unidades Mineras en Producción 2016 - Cobre - Minería Superficial

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	TITULAR	UNIDAD	REGION	METAL
MIN. SUPERFICIAL	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL	ACUMULACION CUAJONE	Moquegua	Cu, Mo, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL	ACUMULACION TOQUEPALA	Tacna	Cu, Mo, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	COMPAÑIA MINERA ALPAMARCA S.A.C.	ALPAMARCA	Junin	Cu, Pb, Zn, Ag
MIN. SUPERFICIAL	COMPAÑIA MINERA ANTAMINAS S.A.	ANTAMINA	Ancash	Cu, Mo, Pb, Zn, Ag
MIN. SUPERFICIAL	COMPAÑIA MINERA ANTAPACCAY S.A.	ANTAPACCAY 1	Cusco	Cu, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	GOLD FIELDS LACIMA S.A.	CAROLINA N°1	Cajamarca	Cu, Au
MIN. SUPERFICIAL	EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.	CERRO DE PASCO	Pasco	Cu, Pb, Zn, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.	CERRO VERDE 1,2,3	Arequipa	Cu, Mo
MIN. SUPERFICIAL	COMPAÑIA MINERA SAN NICOLAS S.A.	COLORADA	Cajamarca	Cu, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	COLQUIJRCA N°1	Pasco	Cu, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	COLQUIJRCA N° 2	Pasco	Cu, Pb, Zn, Ag
MIN. SUPERFICIAL	HUDBAY PERU S.A.C.	CONSTANCIA	Cusco	Cu
MIN. SUPERFICIAL	MINERA LAS BAMBAS S.A.	FERROBAMBA	Apurimac	Cu
MIN. SUPERFICIAL	MINERA PAMPA DE COBRE S.A.	MINAS DE COBRE CHAPI	Moquegua	Cu
MIN. SUPERFICIAL	MINERA BATEAS S.A.C.	SAN CRISTOBAL	Arequipa	Cu, Pb, Zn, Au, Ag
MIN. SUPERFICIAL	CONSORCIO DE INGENIEROS EJECUTORES MINEROS S.A.	TACAZA	Puno	Cu, Pb, Zn, Ag
MIN. SUPERFICIAL	MINERA CHINALCO PERÚ S.A.	TOROMOCHO	Junin	Cu, Mo, Zn, Ag

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2016

Figura 1: Análisis de Minería Cuprífera en el Perú



Fuente: USGS Minerals, 2016

Del gráfico anterior podemos determinar que el mercado cuprífero ocupa mayor parte del sector minero en nuestro país, su subida o bajada es de alta relevancia e impacta

directamente en nuestra economía, esta tendencia ha sido muy variable durante los últimos años (Investing.com, 2016), lo que ha dado lugar a que los inversionistas en este mercado afirmen que “el cobre es un negocio de muy alto riesgo, en el cual se requieren cantidades gigantescas de capital” (Gallo, 2016), por lo cual adoptar medidas de optimizar costos es fundamental.

Figura 2: Variabilidad del Valor del Cobre (USD) entre el 2012 al 2016



Fuente: Investing.com, 2016

En este mercado, el principal costo e inversión está asociado al proceso productivo, por lo cual es necesario su estudio a detalle. El presente estudio está relacionado a una compañía minera que tiene como producto final el Concentrado de Cobre, cuyos componentes de valor son el cobre, molibdeno y plata, los cuales son obtenidos a partir de minerales sulfurados (80%) y de minerales oxidados (20%) en una extracción a tajo abierto, donde se identifica básicamente 3 procesos generales que son:

- MINA, donde se extrae el mineral de los yacimientos de tajo abierto y son trasladados hasta la chancadora.

- PLANTA CONCENTRADORA, donde el mineral proveniente de las minas es sometido al chancado, molienda y flotación para obtener un concentrado con aproximadamente un 25 % de cobre.
- DESPACHO, es la etapa de embarque y traslado del concentrado de Cobre por vía férrea hasta el puerto del Callao, para su posterior exportación.

Dentro de estos procesos generales, se tiene identificado como un proceso fundamental y crítico los asociados a la Planta Concentradora, por ser un proceso complejo debido a reunir la mayor cantidad de equipos automatizados, su correcto funcionamiento impacta directamente sobre la recuperación de cobre, asociado a la ley del producto final, el cual influye en el valor del producto en el mercado.

La Planta Concentradora, posee 6 ciclos principales activos.

- (200) Chancado Primario (**Anexo 2: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (200) DE CHANCADO**)
- (210) Molienda (**Anexo 3: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (210) DE MOLIENDA**)
- (220) Flotación Bulk / Cu (**Anexo 4: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (220) DE FLOTACIÓN**)
- (240) Espesamiento de Cobre (**Anexo 5: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (240) DE ESPESAMIENTO DE CU**)
- (245) Filtrado (**Anexo 6: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (260) DE FILTRADO**)
- (255) Relaves (**Anexo 7: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (255) DE RELAVES**)

En esta Planta Concentradora se tiene un ciclo productivo especializado basado en metas de tratamiento del mineral proveniente del área de Mina, esto se evidencia en el flujograma del **Anexo 1: FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE LA PLANTA CONCENTRADORA**, observándose que cada uno de estos procesos posee equipos automatizados que son controlados y operados por personal capacitado, en simultáneo son monitoreados por una sala central de control de planta, los cuales también pueden operar de forma remota estos equipos, ambas funciones la realizan mediante el uso del DCS. En resumen, el DCS permite a cierto personal operativo en la planta concentradora controlar y monitorear el proceso de forma centralizada,

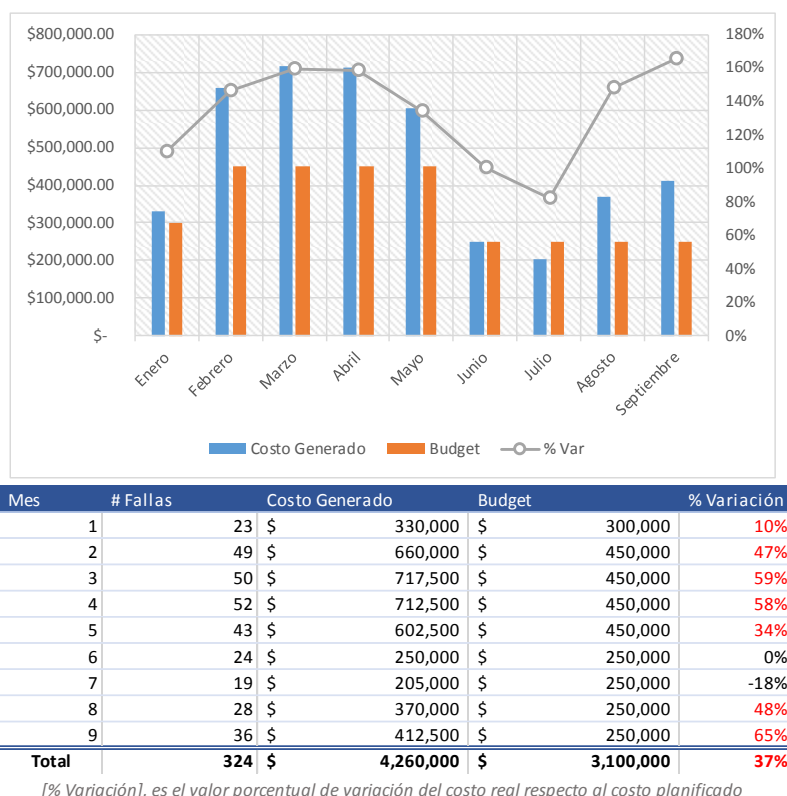
asimismo evaluar en tiempo real un histórico limitado de las señales asociadas al DCS con un rango máximo 1 mes de datos históricos, y para un grupo mínimo de señales un máximo 3 meses. Cabe resaltar que cada equipo principal dentro de la planta está asociado a equipos secundarios de arranque, control, apertura, flujos u otros, además cada equipo posee características y atributos propios que son monitoreados y controlados por la sala de control, o en todo caso por los operadores de cada área.

Dentro de este proceso también existen datos que no se almacenan digitalmente como las muestras granulométricas en el ciclo de molienda, claridad de agua en los espesadores y otros, los cuales son tomados de forma manual por el operador.

Así mismo, existen otros sistemas de proveedores terceros que no se han integrado al DCS, por incompatibilidad en protocolos de comunicación y librerías personalizadas, por lo cual se administran de forma aislada ya que sus datos no se almacenan en la base de datos principal, lo cual genera que el análisis directo o comparativo sea dificultoso.

Como problemas principales se han encontrado que al no contar con un histórico oficial y centralizado de la operación de la planta, áreas asociadas como el Área de Mantenimiento se ven obligados a elaborar sus propios históricos referentes a la continuidad y calibración de los equipos, pero estos datos no son precisos ya que son tomados inoportunamente por falta de acceso y son basados en cálculos, lo cual trae consigo atenciones inoportunas en atención y reparación de los equipos de la planta concentradora, y esto va asociado de forma directa a costos altos.

Figura 3: Reporte de Cumplimiento de Costos de Mantenimiento de Fallas de Equipos (Enero-2016 a Setiembre-2016)

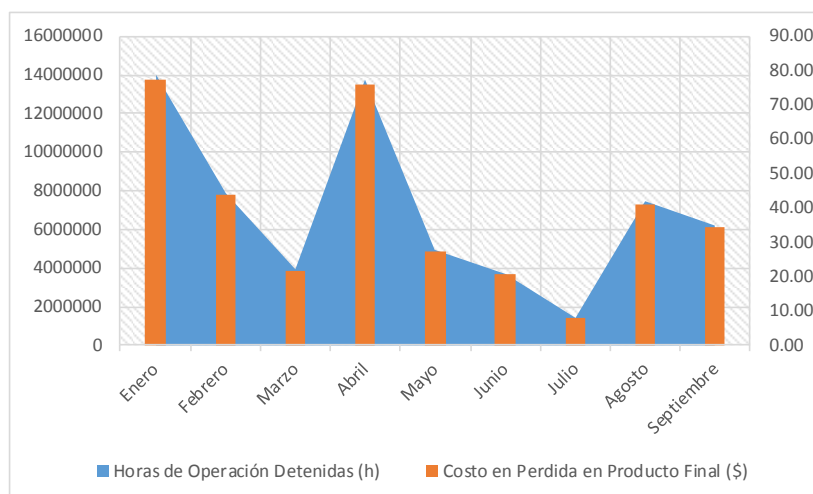


Fuente: Compañía Minera, Reporte de Cumplimiento de Costos

En la Figura N° 3, se puede evidenciar que frecuentemente en la compañía el Área de Mantenimiento no logra cumplir con el costo planificado para la atención de fallas originadas en la planta, ya que el costo real recurrentemente es mayor al planificado por la Alta Gerencia, motivo por el cual urge un análisis profundo del funcionamiento y seguimiento de cada uno de los equipos.

La compañía tiene como prioridad la continuidad de la operación para tener un retorno de la inversión según el proyectado de forma anual por la alta gerencia, pero ante la ocurrencia de estas fallas se originan pérdidas directas con respecto a este fin, como se evidencia en la Figura N° 4, asociado al costo que originan las horas de detención de toda la planta concentradora por la falla de los equipos, que es un aproximado de \$ 175,000.00 por cada hora detenida (monto calculado en respecto al margen del producto final que no se produce)

Figura 4: Reporte de Costos Vinculados a Horas de Operación Detenidas por Fallas (Enero-2016 a Setiembre-2016)



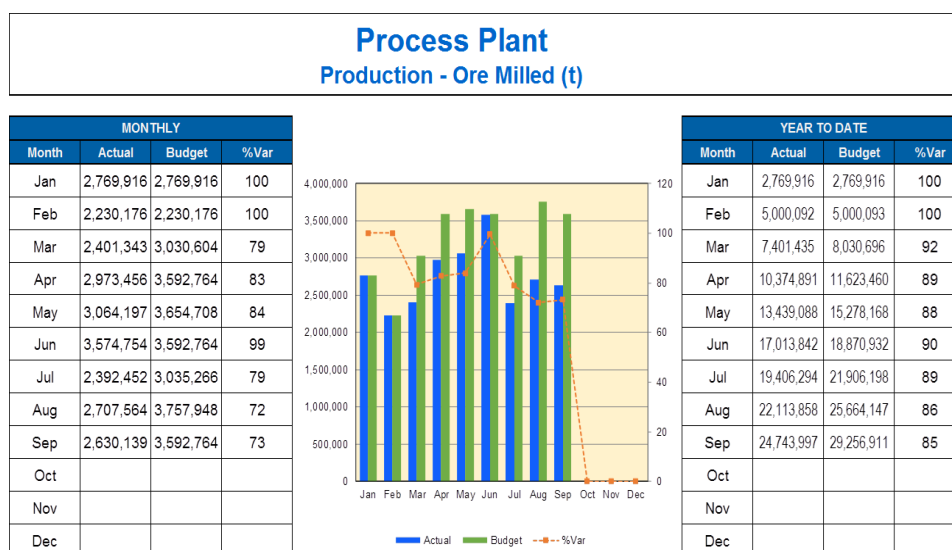
Mes	# Fallas	Horas de Operación Detenidas por Fallas	Perdida en Producto Final
1	23	78.70	\$ -13,772,791.67
2	49	44.42	\$ -7,773,378.47
3	50	21.97	\$ -3,845,017.36
4	52	77.24	\$ -13,517,656.25
5	43	27.75	\$ -4,855,472.22
6	24	20.85	\$ -3,648,956.60
7	19	7.86	\$ -1,374,831.60
8	28	41.83	\$ -7,319,460.07
9	36	35.02	\$ -6,128,220.49
Total	324	355.63	\$ -62,235,784.72

(*) Se estima que por cada hora parada (no prevista) la compañía pierde \$ 175,000.00

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

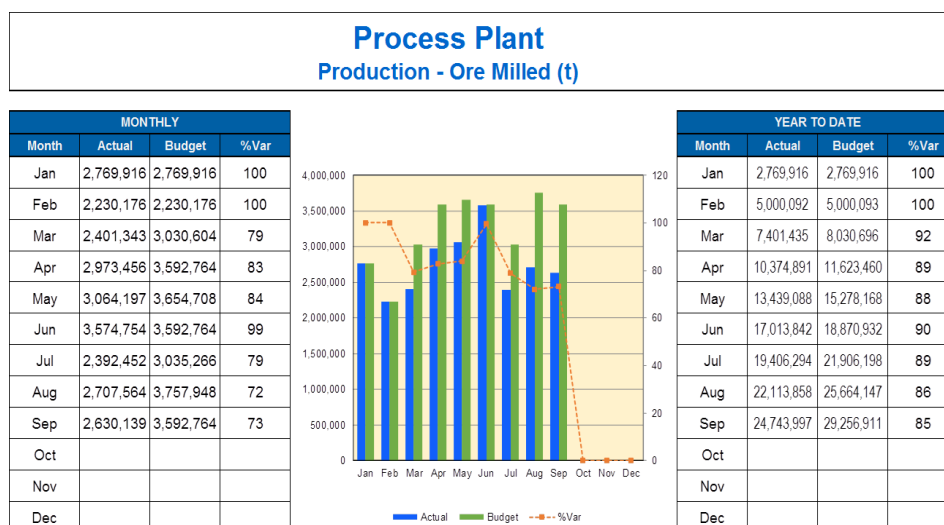
Por otra parte, no existe visibilidad para la Alta Gerencia y Vicepresidencias sobre el proceso operativo, por lo cual no pueden tomar decisiones de momento asociado a la mejoría financiera de la compañía, las cuales apoyarían en conducir oportunamente hacia mejores acciones e involucramiento de múltiples áreas con el fin de llegar a cumplir a las metas previstas, esto es crítico ya que urge otorgar esta información para que las diversas áreas opten por nuevas estrategias y se involucren en el proceso productivo de la compañía. Durante los últimos meses se puede evidenciar que no se ha llegado a cumplir con cuotas en procesos clave para la minera, como son el tonelaje molido y concentrado producido (Figuras N° 5 y 6), esto ha sido causal de pérdidas monetarias significativas para la compañía, y lo que ha significado políticas de recorte presupuestal no planificado a todas las áreas.

Figura 5: Reporte de Tonelaje de Mineral Molido (Enero-2016 a Setiembre-2016)



Fuente: Compañía Minera, Reporte de Producción mensual de la planta

Figura 6: Reporte de Tonelaje de Concentrado Producido (Enero-2016 a Setiembre-2016)

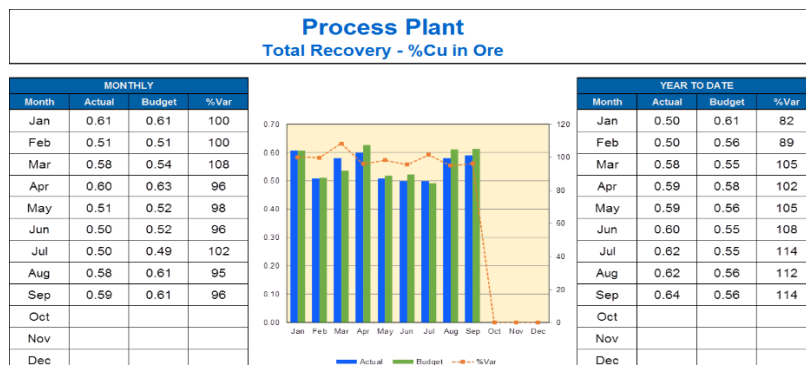


Fuente: Compañía Minera, Reporte de producción mensual de la planta

Por último, los supervisores de las áreas: operativa, apoyo y metalurgia, no tienen visibilidad del proceso actual de la planta concentradora ya que disponen de un acceso limitado o intermediado por un tercero sobre el DCS, debido a que las licencias del DCS para estaciones clientes se tiene que pagar por cada equipo (aproximadamente de \$ 10000 anuales) y por ende son limitadas en la compañía, además de que el DCS se encuentra en una red aislada por temas de seguridad

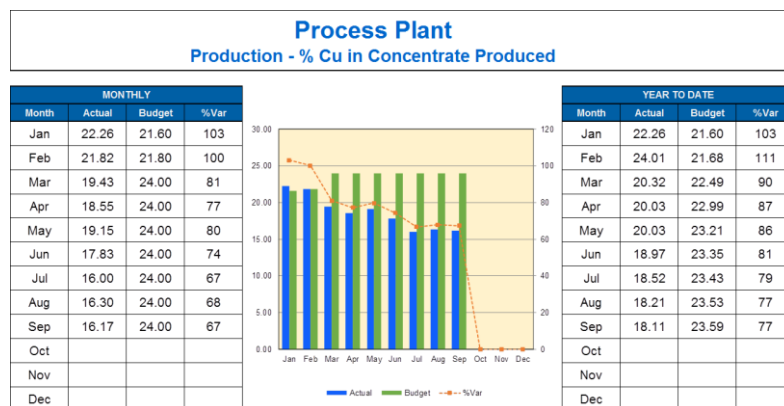
adoptadas en toda compañía de esta envergadura, provocando que el personal de supervisión no pueda tener una visión clara del estado de la planta sobre el tratamiento de mineral, esta falta de atención oportuna ha influenciado directamente en el porcentaje de recuperación y la ley de cobre final, los cuales se pueden apreciar en la Figura N° 7 y 8, relacionados al incumplimiento de las metas fijadas por la compañía con respecto a la calidad del producto final.

Figura 7: Reporte de Recuperación Total de Cu (Enero-2016 a Setiembre-2016)



Fuente: Compañía Minera, Reporte de Producción mensual de la planta

Figura 8: Reporte de Ley Cu en el Concentrado Final (Enero-2016 a Setiembre-2016)



Fuente: Compañía Minera, Reporte de Producción mensual de la planta

En resumen, las plantas concentradoras son elementos esenciales del proceso minero que agregan valor al mineral en bruto que se ha extraído, debido a la complejidad de este proceso, es fundamental contar la data histórica de la planta para identificar posibles recurrencias de errores y aplicar mejoras en el proceso, asociado tanto al área de Operaciones, Metalurgia, Mantenimiento y Alta Gerencia, pero el sistema de control distribuido de procesos (DCS): ABB System 800xa

implementado en la compañía minera solo permite una consulta histórica limitada (de 1 mes a 3 meses atrás como máximo), lo cual dificulta el análisis a mayor escala, además esta herramienta no permite acceder de forma sencilla a sus datos almacenados y no interactúa de forma directa con herramientas terceras para procesar y analizar los datos posteriormente.

Ante este problema, la necesidad actual de la compañía minera es contar con una solución que permita capturar los datos en tiempo real, desde los equipos inmersos a la planta y asociados al DCS y de los sistemas de control de equipos terceros con el fin de almacenarlos en un único repositorio, esta captura debe tener un impacto mínimo en los servidores de control de procesos, para luego finalmente ser consultados, analizados y usados en la compañía para la toma de decisiones. En el mercado, se tienen dos soluciones maduras y robustas que cumplen estos requisitos: PI System de OSIsoft y System 800xA de ABB.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo mejorar el proceso de la planta concentradora de una compañía minera?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo determinar la factibilidad de la integración de los sistemas actualmente implantados?

¿Cómo integrar los datos de los procesos de la planta concentradora?

¿Cómo ayudar al usuario a la toma de decisiones operativas relacionadas a procesos de la planta concentradora?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implantar el PI System de OSIsoft en la Planta Concentradora de la compañía minera que soporte el análisis de datos operativos para la mejora de procesos.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Evaluar la infraestructura actual de los sistemas de control implementados y la adquisición de datos para la integración a PI System.
- Implementar PI System en la planta concentradora, considerando la integración con los servidores del DCS y de proveedores terceros.
- Desarrollar reportes con las herramientas cliente de PI System: PI Processbook, PI Datalink y PI OLEDB Enterprise

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Por medio de la presente tesis se busca obtener un sistema íntegro para la captura de data histórica de la planta e interacción con los diversos equipos de la planta, buscando pasar de la complejidad a la simplicidad, de la inteligencia de activos y procesos a la inteligencia operacional con un sistema integral de captura instantánea de datos de la planta, implementando una infraestructura de datos abiertos, altamente escalable, transformando los datos operativos en conocimiento accionable y transformación del negocio, en base a herramientas de visualización y análisis de fácil acceso a las diversas área de la compañía.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Los recursos económicos destinados a la adquisición de este software son \$ 276,200.00 como pago de licenciamiento inicial, y renovación anual de \$ 41,430 el cual incluye un soporte dedicado de 5x2 en español (MÉXICO) y 24x7 en inglés (USA), los cuales son justificados dentro del presupuesto del área de TICA de la compañía minera asociado a implantar un sistema integral de gestión de captura y análisis de las operaciones de la planta concentradora.

La implementación de la tesis tiene como objetivo reducir los costos que se visualizan en las **Figuras N° 3 y 4**, por ende, se genera un beneficio económico.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El desarrollo de la presente tesis aporta en el análisis predictivo, operacional y toma de decisiones de las áreas relacionadas al Proceso de Planta, debido a que PI System ofrece herramientas dedicadas para trabajar con la información capturada, este análisis será usado para la identificación de errores y mejora de procesos continua, buscando reducir los costos actuales de la planta y lograr las metas trazadas por la compañía minera.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Basados en el alcance referentes a mejora del proceso, se ha identificado en primer lugar estudios referentes a los planes estratégicos que adoptan actualmente las compañías mineras en el entorno, entre los más destacados tenemos:

- “Planeamiento estratégico para la Compañía Minera Atacocha” (Arana Salas, y otros, 2017), esta tesis detalla un plan estratégico para cumplir la visión de la compañía en los próximos años, el cual es estar entre los principales productores de metales básicos en su categoría, en un marco de desarrollo sostenible manteniendo un control estricto del Cash Cost y mejorando su productividad para el 2023.
- “Plan estratégico para Compañía de Minas Buenaventura SAA” (Castro Almeida, y otros, 2017), en esta tesis se busca posicionar a la compañía como un referente en la industria minera peruana y latinoamericana al 2030, teniendo como una de sus estrategias principales al de implementar nuevas tecnologías con la finalidad de aumentar la productividad.
- “Planeamiento minero de Corporación Minera Castrovirreyna” (García Dávila, 2011), este trabajo de investigación busca incrementar la producción y la productividad de una mina; realizando un análisis y mejora de procesos mineros, con la interacción continua hacia los datos técnicos y operativos de la planta a fin de cubrir las metas de producción de la planta concentradora llevando un control optimo del Cash Cost.

De lo estudios anteriores, se denota la importancia que dan las compañías mineras en sus planes estratégicos respecto al cumplimiento de la Producción a bajos niveles de Cash Cost; el estudio de Roger Schmenner (The Pursuit of Productivity, 2015) indica que hoy en día, las industrias a nivel mundial se encuentran en un entorno altamente competitivo, por lo cual han comenzado a transformar sus procesos a través de la digitalización, la cual se caracterizan por los avances tecnológicos, como Internet de las cosas (IoT), Big Data, Automatización y Sistemas Cibernéticos (CPS); estos esfuerzos mayormente son en la búsqueda de ganancias en la productividad y las innovaciones dramáticas realizadas para apoyar este fin.

Dentro de todos los avances tecnológicos citados, se ha optado por implementar e integrar una herramienta que ayude al análisis de datos operativos en los procesos de la planta concentradora, según indica Bill Franks en su publicación (The Analytics Revolution - How to improve your business by making analytics operational in the big data era, 2015), *“el análisis de los datos aporta un valor importante en los procesos y toma de decisiones, buscando que el análisis sea operativo lo cual implica automatizar e incrustar el análisis directamente en los procesos claves de negocio”*, básicamente es lograr que los procesos analíticos se conviertan en operativos. Bajo este contexto, se han encontrado los siguientes estudios y aplicaciones importantes:

- “Diagnóstico Operativo Empresarial de la Compañía Minera Ares Unidad Operativa Selene” , (Bedoya, 2017) analizó la situación actual de la unidad operativa, donde propone mejoras significativas a sus actuales procesos productivos o core business y también a sus procesos de soporte, el análisis de este trabajo de investigación comprende las mejoras en el diseño del proceso mediante aplicaciones tecnológicas de última generación, propone una inversión de \$1,251,529 un estimado de ahorros \$2,285,706 en el primer año y ahorros acumulados al quinto año cercanos a \$5,109,703, además de generar un aumento constante de los ingresos anuales del orden del \$1,370,074.
- “Aplicación del Software PI system en el control de los parámetros de flotación en minerales sulfurados de cobre” (Galindo Romero, 2016), esta investigación tiene como objetivo la reducción de costos mediante el control de los ratios de consumos de reactivos y el control de variables metalúrgicos de los circuitos de la Planta concentradora, mediante el análisis de datos operativos, resaltado su importancia en que les ha permitido detectar a tiempo estas fluctuaciones y

tomar acciones inmediatas en la dosificación de reactivo con la finalidad de mantener el ratio de consumo con la menor fluctuación posible.

- “Maintainability analysis of mining trucks with data analytics” , (Goza, 2018) en esta tesis realiza un estudio del mantenimiento de camiones de mina y el alto impacto económico que tiene en sus gastos de producción, para lo cual mediante Microsoft SQL Server se realizó una recolección de datos, minera de datos, análisis de datos y presentarlos para alertar automáticamente los patrones secuenciales atípicos en alarmas y señales.
- “Production Data Analytics - To identify productivity potentials” (Subramaniyan, 2015) en esta tesis realizó estudios del análisis de los datos de sistema de control que supervisa, recopila y almacena la información de la línea de montaje automatizada en una fábrica, buscando identificar los potenciales de productividad bajo una metodología que incluye la limpieza de datos, preparación de datos y modelado de datos; buscando identificar el impacto de los tiempos de pérdida influenciados por el operador en eficiencia general del equipo, los cuellos de botella y causas de las paradas de equipo con datos en tiempo real, los resultados de esta investigación sirvieron para mejorar la toma de decisiones en base a estos indicadores clave de rendimiento (KPI).

El presente trabajo busca ser un complemento a los planes estratégicos de las compañías mineras en la búsqueda de la Mejora de Procesos relacionados al cumplimiento de la producción y mejora del control en los costos asociados de mantenimiento con el análisis de datos operacionales en línea con la herramienta de Osisoft: PI System, por lo cual se tomará en referencia las últimas tesis citadas.

2.2. BASES TEÓRICAS

La presente tesis se realizó bajo un esquema de implantar un sistema de captura y análisis de datos en línea para mejorar procesos clave en una planta concentradora, en el que se destacan seis conceptos claves:

- Mejora de Procesos en la Compañía Minera
- Análisis de Datos
- Integrar e Implantar un Sistema con Scrum
- Sistema de Información de Planta: PI System

- Evaluación de factibilidad
- Indicador de Rentabilidad de Proyectos

A continuación, se presentan breves descripciones que introducen el marco teórico en que se desarrolla la integración e implantación del PI System.

2.2.1. MEJORA DE PROCESOS EN LA COMPAÑÍA MINERA

En la compañía minera se viene utilizando la Metodología de Mejora de Productividad de las 5S en todas las áreas, que es una herramienta creada por las empresas japonesas a mitad del siglo XX, esta metodología se ideó en entornos industriales para eliminar actividades repetitivas y en cadena; buscando aumentar la eficiencia de los procesos y reduciendo costes al mismo tiempo (The 5S methodology as a tool for improving the organisation, 2007). Las cinco etapas consideradas en esta metodología son:

- Seiri: Clasificar, identificar y eliminar ítems / actividades.
- Seiton: Ordenar y priorizar.
- Seisō: Mantener la limpieza.
- Seiketsu: Señalizar y estandarizar.
- Shitsuke: Mejora continua.

La integración e implantación de PI System pretende otorgar la información necesaria para las 5 etapas en las siguientes actividades:

- Seiri: Mejora de procesos por reducción de costos.
- Seiton: Mejora de procesos, respecto al aumento de efectividad y eficiencia.
- Seisō: Mantenimiento y mejora oportuna de las máquinas.
- Seiketsu: Acceso a los tableros de mando de la planta.
- Shitsuke: Mejora de los procesos de comunicación interna.

De esta manera el mejoramiento de procesos en la compañía, mediante la metodología de las 5S, se convierte en una solución a los problemas que enfrenta, constituyéndose PI System en una herramienta importante a la hora de dinamizarla y modernizarla.

2.2.2. ANÁLISIS DE DATOS

El crecimiento explosivo de la cantidad de dispositivos existentes en la planta concentradora de la compañía minera y la necesidad del uso de esos datos en línea para toma de decisiones, hace que sea necesario abordar el tema de análisis de datos para tener un enfoque correcto en el tratamiento de la información colectada por PI System.

“El análisis de datos es la ciencia del análisis de datos sin procesar para sacar conclusiones acerca de esa información” (Provost, y otros, 2013). Muchas de las técnicas y procesos de análisis de datos son automatizados en procesos mecánicos y algoritmos que funcionan sobre datos sin procesar para consumo humano en tomas de decisión de forma manual o mediante la automatización con ciertas herramientas, para el presente trabajo se realizará con PI System.

Las técnicas de análisis de datos pueden revelar tendencias y métricas que de otro modo se perderían en la masa de información. Esta información se puede usar para optimizar procesos y aumentar la eficiencia general de la compañía o un área en específico.

Se debe considerar que cualquier tipo de información puede someterse a técnicas de análisis de datos para obtener información que se puede utilizar para mejorar determinados procesos.

En el análisis de datos se involucran de forma general los siguientes pasos:

- El primer paso es determinar los requisitos de datos o cómo se agrupan los datos. Para el caso del presente trabajo estarán separados por áreas de trabajo y tipos de valores (digital / análogo).
- El segundo paso en el análisis de datos es el proceso de recopilarlo. Esto se puede hacer a través de una variedad de fuentes, en el caso del

presente trabajo se recopilará desde los servidores de planta hacia PI System.

- Una vez que se recopilan los datos, deben organizarse para poder analizarlos. La organización y almacenamiento de estos datos será a través de PI System.
- Los datos se limpian antes del análisis. Esto significa que se borra lo innecesario y se verifica para asegurarse de que no haya duplicación o error, y que no esté incompleto. Este paso lo gestionará PI System según la configuración solicitada en los diversos requerimientos.
- Finalmente se muestran los datos como Análisis Exploratorio de los datos, Modelados y Algoritmos, Productos de Datos con una aplicación a medida y/o Informes por audiencia.

La analítica de datos se divide en cuatro tipos (DataScience.com, 2017):

- Descriptivo, describe lo sucedido en un periodo determinado.
- Diagnóstica, se centra en las causas de un evento.
- Predictivo, se mueve en lo que podría suceder en un corto plazo.
- Prescriptiva, sugiere una acción a tomar ante la probabilidad de un suceso.

Para el presente trabajo solo se implementarán analíticas de datos de tipo Descriptivo y Diagnóstica.

El análisis de datos es importante porque ayudará a la compañía minera a optimizar sus resultados. Implementarlo en el modelo de negocios significa que la compañía minera puede reducir costos al identificar formas más eficientes de mejorar sus procesos al almacenar grandes cantidades de datos.

2.2.3. IMPLANTAR UN SISTEMA CON SCRUM

Para el desarrollo de la presente tesis se empleará el framework SCRUM, basado en un proceso de control empírico, cuyo objetivo primordial es elevar al máximo la productividad de un equipo, el cual pone su atención y hace foco sobre valores y prácticas de gestión, según (Martel, 2015). Este framework delega completamente en el equipo la responsabilidad de decidir la mejor manera de trabajar para ser lo más productivos posibles, es decir, que es flexible y los integrantes del equipo pueden optar por organizar la forma de interactuar entre ellos.

SCRUM estaba basada en un proceso constructivo iterativo e incremental donde las iteraciones tienen duración fija, además que la definición de roles, prácticas y productos de trabajo son detalladas de forma simple y concisa.

A continuación, en la Figura N° 9, se puede visualizar el flujo de trabajo de la metodología Scrum. Es decir, desde el product backlog, la duración del sprint, las iteraciones y finalmente los entregables o nuevas funcionalidades.

Figura 9: Flujo General de Trabajo de Scrum



Fuente: Isla Visual, 2012

Para su aplicación se debe fijar el Product Owner o Dueño del producto quien establecerá los lineamientos, características del producto solicitado que se plasmará en el Product Backlog, de igual manera se define la persona líder

del Scrum o Scrum Master, quien será el encargado de guiar al equipo de trabajo o Scrum Team, donde este grupo de colaboradores serán los responsables de planificar, establecer e implementar el sistema de PI System con éxito en la compañía minera.

- El Scrum Master debe cumplir las siguientes funciones:
- Gestionar de manera efectiva la lista de producto o product backlog.
- Ayudar al equipo a tender las necesidades con elementos claros.
- Facilitar y Gestionar los eventos de Scrum.
- Guiar al equipo para que se auto organizado y multifuncional.
- Eliminar los impedimentos que se presenten en contra de la evolución y progreso del equipo.
- Motivar los cambios que permitan su crecimiento.

El equipo de trabajo o Scrum Team debe ser:

- Autoorganizado.
- Multifuncionales, donde se aproveche como equipo las habilidades de cada integrante.
- Equitativos con todos los miembros del equipo.
- Respetuosos y dar valor a los demás colaboradores.

El Product Backlog, “es el mecanismo de gestión de requisitos en Scrum” (Rodrigo Corral, 2017), es una lista de requisitos funcionales y no funcionales priorizados por su valor para el cliente, tener en cuenta que en la práctica los requisitos pueden ser cambiantes en su detalle y prioridad a lo largo de la vida del proyecto. Para hacer una identificación correcta de los requerimientos se sugiere tener las siguientes consideraciones:

Requerimientos Funcionales, son aquellos que expresan la naturaleza del funcionamiento del sistema, a veces también es conveniente indicar lo que no hará el sistema. Deben especificar:

- Redacción clara y sencilla
- Especificar el comportamiento externo del sistema
- Debe distinguirse entre requisitos obligatorios y requisitos deseables.

Requerimientos No Funcionales, o atributos de calidad, son las restricciones o condiciones que impone el cliente hacia el programa. Algunos ejemplos son:

- Rendimiento
- Disponibilidad
- Estabilidad
- Funcionalidad

Cuando se ha establecido el Scrum Master y definido el equipo de trabajo, cuenta con una serie de eventos que permitirán el desarrollo adecuado de las actividades planificadas.

Esta metodología se basa en trabajos por ciclos llamados Sprint o Iteraciones que se han definido para 4 semanas. Para el inicio de cada sprint, el equipo de trabajo elabora una lista de las actividades a realizar por los requerimientos del cliente o del producto, manteniendo el objetivo colectivo para la entrega final del sprint. Cabe recalcar que una vez definido el sprint no se puede adicionar nuevos elementos ya que se pierde el objetivo del mismo. Si se requiere realizar modificaciones se debe colocar en conocimiento al Scrum Master para evaluar la adición del elemento junto al equipo de trabajo y programarse para un nuevo sprint.

De forma general, en adición al flujo detallado en el párrafo anterior, en Scrum los eventos se clasifican en:

- Sprint o Iteraciones
- Reunión de planificación de Sprint o Sprint Planning Meeting
- Scrum Diario o Daily Scrum
- Revisión del Sprint o Review Sprint

- Retrospectiva de Sprint o Sprint Retrospective

Cada uno de estos eventos nos permite desarrollar de manera adecuada y organizada un trabajo en equipo. Adicional, se cuenta con la participación del Product Owner y Scrum Master para el seguimiento del Scrum, beneficiándose el equipo para poder aclarar las dudas e inquietudes que se presenten durante la implementación e integración de PI System.

En resumen, las razones porque se eligió Scrum son las siguientes:

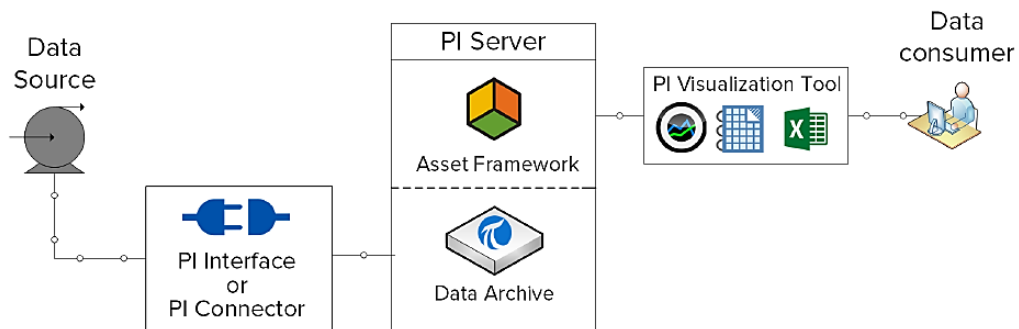
- Entrega de un producto funcional lo más pronto posible.
- Predisposición y respuesta al cambio.
- Fortalecer la comunicación y la colaboración con las áreas solicitantes.
- Comunicación directa entre los implicados en el proyecto.
- Simplicidad, eliminación de artefactos innecesarios en la gestión del proyecto.

2.2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PLANTA: PI SYSTEM

PI System es un software de la compañía estadounidense OSIsoft, “es una suite de software que recopila, almacena y mejora datos de su planta o proceso” (Osisoft, 2015), y proporciona a sus usuarios servicios de Alta Disponibilidad en todos sus servicios.

El PI System más simple está compuesto por los siguientes componentes de software, según se detalla en la Figura N° 10.

Figura 10: Componentes de PI System



Fuente: OSIsoft, 2015

- PI Interface o PI Connector: Recopila datos de una fuente de datos.
- PI Server:
 - Data Archive: Almacena los datos.
 - Asset Framework: Organiza y mejora los datos.
- PI Visualization Tool: Muestra los datos al consumidor.

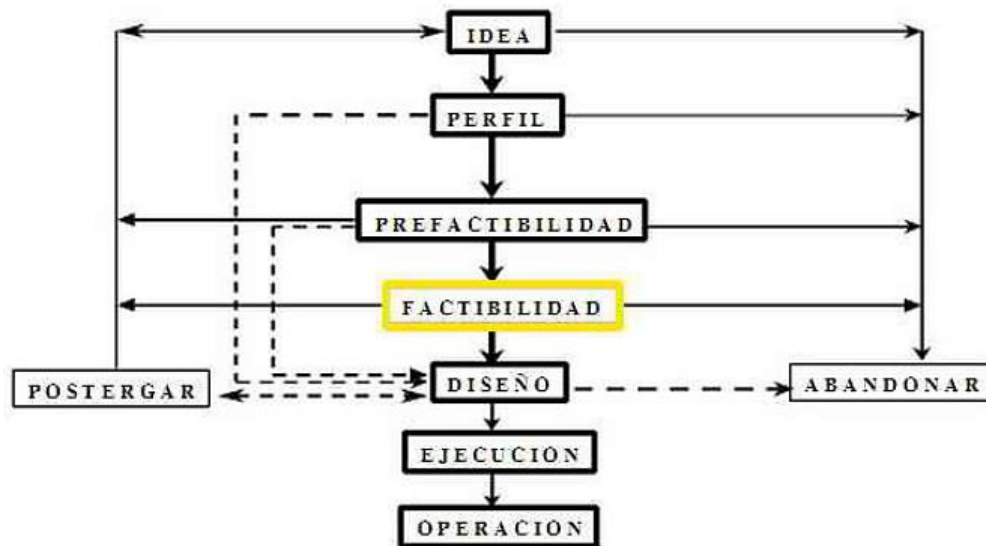
Estos componentes de software citados, se deben instalar en computadoras y servidores que residan en la misma red informática que las fuentes de datos.

La arquitectura de PI System se basa en una arquitectura cliente / servidor que puede ser de muy simple a muy compleja. En teoría, todos los componentes del PI System se pueden instalar en una sola computadora. Pero eso no es sugerido en la práctica, porque los diversos servicios deben estar separados para tener una mejor gestión sobre ellos. Por lo cual, es importante considerar varios factores al momento de elegir la arquitectura como, por ejemplo: la seguridad, el rendimiento y la escalabilidad.

2.2.5. EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD DE PROYECTOS

El estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación del proyecto y corresponde a la última fase de formulación dentro del ciclo del proyecto antes del diseño (Miranda Miranda, 2005), según se evidencia en la Figura N° 11.

Figura 11: Evaluación de Factibilidad dentro del ciclo del proyecto.



Fuente: Miranda Miranda, 2015

A modo general, el estudio correcto de la factibilidad debe determinar:

- El tamaño o magnitud del problema, la ubicación y la selección de tecnología.
- Las inversiones necesarias.
- Las fuentes de financiación y la regulación de compromisos.
- Aplicación de criterios de evaluación financiera, mediante indicadores de rentabilidad de proyectos.

Con el estudio de factibilidad podemos saber si será factible llevar a cabo el proyecto; o bien, con un análisis adicional de los especialistas replantear y mejorar el proyecto.

En conclusión, el análisis de factibilidad tiene como objetivos para el presente trabajo:

- **Demostrar la demanda de la solución dentro de la empresa,** corroborando ello con las historias de usuario y estadísticas.

- **Demostrar la viabilidad técnica y financiera**, lo cual se demuestra con un análisis de disponibilidad de recursos del proyecto, evaluación de la infraestructura actual y viabilidad económica.
- **Corroboración de las ventajas desde el punto de vista financiero**, teniendo la necesidad de tener una evaluación económica clara para el retorno de inversión asociado a indicadores de rentabilidad de proyectos.

2.2.6. INDICADORES DE RENTABILIDAD DE PROYECTOS

Evaluar proyectos de inversión involucra estimar la rentabilidad y el promedio de tiempo de recuperación de proyectos para, a partir de dichos resultados, elegir los más convenientes para la empresa. Según indica (Block, y otros, 2005) en su libro “Administración Financiera” contar con modelos que permitan evaluar los proyectos facilita la toma de decisiones al calcular el valor presente neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), entre otros importantes índices.

El primer paso para evaluar un proyecto de inversión es estimar el flujo de efectivo de cada proyecto, tal como la inversión inicial, los flujos de efectivo de operación anual y los flujos de efectivo de terminación del proyecto. Una vez determinados los flujos de efectivo es posible pasar a aplicar uno de estos modelos de evaluación:

Modelos que consideran el valor del dinero en el tiempo:

- **Valor Actualizado Neto (VAN)**, es la diferencia entre el valor de mercado de una inversión y su costo, por lo que este modelo mide el valor generado por una inversión.
- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**, busca dar con una tasa que permita al VAN llegar a un resultado igual a cero.

Modelos que no consideran el valor del dinero en el tiempo:

- **Periodo de Recuperación**, determina el tiempo que tomará recuperar la inversión inicial. Otro enfoque para comprender este modelo es verlo como la cantidad de tiempo que tomará llegar al punto de equilibrio.

- **Índice de Rentabilidad**, permite evaluar, de manera rápida, si el proyecto de inversión es viable. Esto se consigue determinando el valor obtenido entre beneficio en base al costo.

Para la presente tesis, para la evaluación de factibilidad se utilizarán los modelos de Valor Actualizado Neto (VAN) que basa su estudio en términos absolutos netos (unidades monetarias) y la Tasa Interno de Retorno (TIR) que basa su estudio en una medida relativa, en tanto por ciento.

Para ambos modelos, se analizará en base al flujo de caja operativo, que en resumen es el dinero ingresado o gastado por actividades directamente relacionadas con la compañía minera.

En primer lugar, definiremos el valor actual neto (VAN), este indicador es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor Neto Actual (VNA) o valor presente neto (VPN).

Para ello se debe traer todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias, en la presente tesis esta unidad monetaria será en dólares americanos (USD).

La fórmula del valor actual neto (VAN) se indica en la **Figura N° 12**.

Figura 12: Fórmula de cálculo de la TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: Criterio para la toma de Decisiones, 2015

De la **Figura N° 12**, se denota que:

F_t , son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 , es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n , es el número de periodos de tiempo

k , es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Referente a la variable k , que es el tipo de interés exigido a la inversión, para el caso de la compañía minera en estudio la variable “ k ” teórica y aceptada según procedimientos internos del área de costos es del 10% en proyectos mayores a USD 100.000 y menores de USD 300.000.

Los criterios de decisión de la VAN son los siguientes:

- VAN > 0: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- VAN = 0: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- VAN < 0: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

En segundo lugar, se encuentra la tasa interna de retorno (TIR) que nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. La fórmula de cálculo de la TIR que se indica la **Figura N° 13**, es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero:

Figura 13: Fórmula de cálculo de la TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Fuente: Criterio para la toma de Decisiones, 2015

De la **Figura N° 13**, se denota que:

F_t , son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 , es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n , es el número de periodos de tiempo

El criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno, será donde la variable “ k ” que es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- $TIR = k$, en esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

A la hora de estudiar la viabilidad económica del proyecto, los parámetros del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) pueden servirnos de ayuda en la toma de decisión, no obstante, hay que tener claro que estos criterios no siempre coinciden, tienen sus limitaciones y sus resultados podrían ser inconsistentes en algunos casos. Por lo tanto, es clave hacer una clara conclusión de los resultados obtenidos y las variables usadas.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Planta concentradora, es una unidad de producción compuesta por una cadena de equipos y máquinas ubicadas de acuerdo a un diagrama de flujo, donde el mineral es alimentado y procesado hasta obtener uno o más productos valiosos denominados concentrados y un producto no valioso denominado relave. (Planta Concentradora Maria Mercedes, 2015)

Sistema Control Distribuido SCD, más conocido por sus siglas en inglés DCS (Distributed Control System), es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos en las grandes industrias. (León, 2017)

SCADA, es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. (Inductive Automation, 2017)

Software de manejo de datos, o sistema de gestión de base de datos consiste en un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos, además de proporcionar

herramientas para añadir, borrar, modificar y analizar los datos. (CTI Soluciones, 2016)

Cash Cost, o costos de operación es el factor clave para medir la rentabilidad y viabilidad de un negocio minero a nivel mundial, los costos de operación incluyen los costos de extracción, trituración, concentración, gastos administrativos, energía, combustibles y flete. (Comisión Chilena del Cobre, 2016)

Flujo, es una de las variables más medidas en la industria, es medido por la cantidad de fluido que pasa por un punto en un tiempo específico, ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que, sin mediciones de flujo sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos continuos. (MAX Precision Flow Meters, 2015)

Reactivos, o reactante es, en química, toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos. (Quimico Global, 2010)

SDK, o kit de desarrollo de software, es un conjunto de herramientas de desarrollo de software que le permite al desarrollador de software crear aplicaciones para un sistema concreto. (Sandoval, 2016)

Dashboard, es una representación gráfica de los principales indicadores operativos que intervienen en la consecución de los objetivos de negocio, permiten monitorear, medir, analizar y extraer una gran cantidad de información de una manera intuitiva y visual. (Durcevic, 2017)

OT, Tecnología Operacional, son el hardware y el software dedicados a detectar o causar cambios en los procesos físicos a través del control directo y/o control de dispositivos físicos como válvulas, bombas, etc. (Williamson, 2015)

IT, Tecnologías de la información, es el estudio, diseño, desarrollo, implementación, soporte y administración de los sistemas de información basados en computadoras, particularmente aplicaciones de software y hardware de computadoras. (Workforce, 1998)

Ley de mineral, es una medida que describe el grado de concentración de recursos naturales valiosos (como los metales o minerales) presentes en una mena. (Ministerio de Minería de Chile, 2015)

Concentrado de mineral, es un producto que constituyen una mezcla de metales valiosos y que reciben el nombre del metal que se encuentra en mayor proporción. (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2015)

Inteligencia operacional, es una forma de análisis dinámico de negocios, en tiempo real el cual nos trae una mayor visibilidad y comprensión en el sentido de las operaciones de negocios en tiempo real. (IDbox, 2017)

ISA, es la Sociedad Internacional de Automatización (International Society of Automation) una de las organizaciones profesionales más importantes del mundo para establecer estándares y educar a profesionales de la industria en automatización. (International Society of Automation , 2017)

Alta Disponibilidad (High availability), es un protocolo de diseño y la implementación asociada que asegura un grado absoluto de continuidad operacional durante un período de medición dado. (Oracle, 2001)

OPC (Open Productivity Collaboration) es una tecnología diseñada para comunicar datos de forma segura y operativa entre aplicaciones tanto en la industria de la automatización (sistemas SCADA) como en otros sectores. Es una plataforma independiente de los fabricantes y por tanto abierta ya que asegura un flujo de información entre componentes de distintos proveedores. (OPC Foundation, 2017)

Budget, es un término en inglés que se asocia al plan que se define a largo plazo, regularmente por el periodo de un año. (Host Analytics, 2017)

Forecast, es la planificación a corto plazo y puede ser ajustado según la operación. (Host Analytics, 2017)

Nido de Ciclones o Hidrociclones, es la instalación de múltiples ciclones que reciben la pulpa del material molido, para poder ser derivado a su posterior tratamiento con la menor granulometría al área de flotación. (Universidad de Chile, FcFm, 2010)

Nodo, es un punto de intersección donde un equipo o distintos equipos se interconectan, para la presente tesis, se utiliza dicha definición para citar a los servidores que se encuentran en la DMZ. (IBM, 2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

El proyecto tiene como objetivo implantar un software llamado PI System bajo la metodología del marco de trabajo SCRUM, que incluye la configuración e instalación de sus diversos módulos, así como el desarrollo de los reportes; todo ello en base a los requerimientos solicitados por los usuarios finales.

El estudio se llevó a cabo en una compañía minera que produce Concentrado de Cobre y se encuentra clasificado como una empresa de gran minera. Su área de tecnología se encuentra dividida en 4 grupos de Infraestructura & Redes, Aplicaciones, Servicios y Automatización, y existe un área asociada de tecnología de operaciones en la planta concentradora llamada Control de Procesos, la presente tesis será liderada por el Área de Aplicaciones y el apoyo de las demás áreas citadas.

El proyecto cuenta con una arquitectura Windows compuesta de 7 equipos, divididos en 2 dominios para los ambientes de operaciones y administrativo, dado que las tareas que cumple cada ambiente son distintas. Posee dos servidores en el dominio administrativo para la base de datos propietaria de PI System, asimismo cuenta con 4 servidores que se encuentra el dominio de operaciones para recolectar los diversos datos los cuales son llamados Interfaces y finalmente cuenta con 1 servidor de AF que es encargado de la gestión de activos y notificaciones el cual se encuentra en el ambiente administrativo; y para ciertos servidores críticos de PI System se encuentra configurada la alta disponibilidad, por lo cual se encuentran implementados en

diferentes centros de datos (Centro de Datos en Planta y Centro de Datos en Mina), ante cualquier catástrofe.

El proyecto se realizó considerando las siguientes actividades principales para poder cumplir con los objetivos propuestos:

- **Análisis de Problemas:** Se identificó los problemas críticos respecto al cumplimiento de producción y los costos elevados de mantenimiento de equipos en la compañía minera, y la importancia que tiene su optimización debido al problema económico del mercado cuprífero en nuestro país; resaltando la importancia que tiene adoptar estrategias para la Mejora de Procesos en la compañía minera, identificando soluciones como son las herramientas para Análisis de Datos Operativos.
- **Análisis de Factibilidad:** Se realizó la comparación de los sistemas más potentes en la industria de captura y análisis de datos operativos como son OSIsoft y ABB, en primer lugar, a nivel técnico funcional, para luego evaluar su factibilidad económica bajo Indicadores de Rentabilidad de Proyectos.
- **Recolección de Información:** Se recolectó la información de las necesidades de los usuarios finales de las 7 áreas implicadas a través de entrevistas bajo la aprobación de la Gerencia de Operaciones, orientando al usuario la importancia y valor del análisis de datos en la operación.
- **Análisis de Información:** Con la información recolectada se definieron 13 requerimientos funcionales y 6 no funcionales, y según la metodología del marco de trabajo SCRUM estos requerimientos fueron plasmados en el Product Backlog, asimismo se definió el criterio de aceptación de los requerimientos.
- **Preparación del Proyecto:** Se realizó una preparación previa al desarrollo del proyecto, con el fin de implementar la metodología del marco de trabajo SCRUM de forma correcta apoyada en la “Guía Práctica de Proyectos con SCRUM” de (Martel, 2015), asignándose los roles indicados en la guía y definiéndose las actividades para las iteraciones.
- **Diseño y Desarrollo del Proyecto:** Durante el desarrollo del proyecto, con la metodología del marco de trabajo SCRUM se procedió a ejecutar las iteraciones bajo supervisión del Scrum Master, también se involucró a los

miembros que no pertenecen al equipo implementador para que colaboren con las pruebas funcionales.

- **Evaluación de Proyecto:** Se revisó el cumplimiento del Product Backlog en base a casos de prueba y evidencias, tanto los requerimientos funcionales como no funcionales.
- **Análisis de Resultados:** Se realizó un estudio de post-implantación de PI System, evaluando el impacto de la integración e implantación del PI System que tuvo sobre la mejora de procesos respecto al escenario anterior, referente al Cumplimiento de Producción en base a un análisis de datos descriptivos y reducir el costo asociado al Mantenimiento de Equipos bajo el enfoque de un análisis de datos para diagnóstico.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Se describe la toma de requerimientos, los cuales fueron recogidos a través de entrevistas a personal clave de las diferentes áreas críticas asociadas a la operación, considerando que este personal tiene un alto conocimiento en su área.

4.1.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Los requisitos tanto funcionales como no funcionales para la implementación e integración de PI System fueron recopilados durante entrevistas con las personas seleccionadas por sus gerencias respectivas, los que se muestran en la **Tabla N° 2**.

Tabla 2: Listado de Personal entrevistado para Requerimientos en PI System

Área	Cargo
Control de Procesos	(1) Jefe General de Control de Procesos
Operaciones Planta	(1) Jefe Guardia I - Operaciones Planta
Metalurgia	(1) Ingeniero Metalurgista de Planta SR
Costos y Finanzas	(1) Analista de Costos Planta
Mina	(1) Ingeniero de Control de Procesos Mina SR
Mantenimiento	(1) Ingeniero de Confiabilidad Planta SR
Tecnologías de Información	(1) Analista de Infraestructura y Redes

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Las funcionalidades que se consideraron, son aquellas que están asociadas de forma directa a los principales objetivos del proyecto y buscan permitir que el sistema optimice el aprovechamiento de las experiencias anteriores en la mejora de procesos usando este tipo de herramientas, estas entrevistas realizadas se encuentran redactadas en el **Anexo 8: ENTREVISTAS A USUARIOS DE PI SYSTEM.**

Esta etapa es crucial para el desarrollo de la presente tesis, ya que una efectiva ingeniería de requisitos es un factor crítico de éxito.

4.1.2. REQUERIMIENTOS (PRODUCT BACKLOG)

Estos son los valores utilizados para el grado de dificultad, prioridad y exigencia para cada uno de los requerimientos.

Dificultad:

Valores	Descripción
1	Alta
2	Media
3	Baja

Prioridad / Importancia:

Valores	Descripción
1	Alta
2	Media
3	Baja

Exigencia: Exigible o deseable:

Valores	Descripción
1	Exigible
2	Deseable

Tabla 3: Requerimientos Funcionales

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
HU-2016-001	Como PI System, se necesita un módulo que pueda coleccionar en tiempo real o demanda las señales digitales de los diferentes equipos de la planta detallados en el [Anexo 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS], con la finalidad de tener datos uniformizados y poder ser presentados para un módulo que almacene estos datos.	Integrar sistemas a PI System, para coleccionar Datos de Equipos de Planta		1		1	1	PI Interface
HU-2016-002	Como PI System, se necesita almacenar los datos uniformizados coleccionados de los diferentes equipos detallados en el [Anexo 12: LISTADO DE INSTRUMENTS TAGS A CREAR EN PI SYSTEM], con la finalidad de mantener una base de datos disponible para los diversos usuarios de la compañía minera.	Implementar PI Data Archive, para historizar Datos de Equipos de Planta		2		1	1	PI Archive
HU-2016-003	Como Usuario Operativo, es necesario que los datos del sistema tengan restricciones de acceso de lectura y escritura integrada a las actuales cuentas de la compañía (AD Windows Server), con la finalidad que esta información sea manipulada únicamente por personal autorizado por el Área de Operaciones.	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows		3		2	1	PI Archive

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
HU-2016-004	Como Administrador PI y Usuario Operativo, se necesita que la cantidad de datos colectados tenga un ratio de 1:10 (Datos Capturados: Datos Leídos), con la finalidad de tener datos representativos de calidad con el menor consumo de recursos físicos y lógicos en la arquitectura a implementarse.	Definir e implementar configuración entre calidad y cantidad de datos con un ratio 1:10		3		2	1	PI Archive
HU-2016-005	Como Usuario Operativo y Consulta, se necesita el desarrollo de pantallas de monitoreo de las diversas áreas de la planta concentradora con la data capturada por el PI System, [Anexo 13: PANTALLAS DE MONITOREO A IMPLEMENTAR EN PI SYSTEM (REFERENCIA DEL SYSTEM 800XA)], con la finalidad de disponer de datos en tiempo real y análisis de tendencias del comportamiento de equipos.	Desarrollar pantallas general de monitoreo		2		2	1	PI Processbook
HU-2016-006	Como Usuario Operativo del área de Metalurgia, se necesita el desarrollo de pantallas de control de señal de horómetros asociado al proceso de reset, específicamente para las señales de horómetros de Vortex / Apex de los 72 ciclones de los Nidos 1, 2, 3, 4 del área de Molienda y las señales de horómetros del Estator / Rotor / Difusor de los 28 Tanques de Flotación, según el [Anexo 14: LISTADO DE RESET HORÓMETROS –	Desarrollar pantallas de control de horómetros - Metalurgia		1		2	1	PI Processbook

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
	METALURGIA], con la finalidad de evitar el uso del System 800xa de Planta y consumir mayor licencias.							
HU-2016-007	Como Usuario operativo del área de Mantenimiento / Confiabilidad, se necesita que los datos capturados sean presentados en plantillas específicas según el tipo de equipo, el detalle de este listado de equipos está detallado en el [Anexo 15: LISTADO DE ACTIVOS INFORMADOS POR EL ÁREA DE MANTENIMIENTO (ÁREA 200, 205, 210, 255)] , con la finalidad de tener un mejor manejo, disposición y comparación de equipos en base a sus atributos similares, siendo mostrados en los diversos visualizadores de PI System.	Implementar PI AF y cargar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.		1		2	1	PI AF
HU-2016-008	Como Usuario de Consulta del Área de la Alta Gerencia, se necesita el envío automático de cumplimiento de KPIs asociados al área de planta, el cual se detalla en el [Anexo 16: FORMATO DE REPORTE DE KPIS PARA VICE-PRESIDENCIA Y JEFATURA DE OPERACIONES (ÁREA 210)] , esto con la finalidad de poder tomar acción ante impactos negativos que pueda traer ante los objetivos trazados por la compañía minera.	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.		2		1	1	PI Datalink con Desarrollo tercero

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
HU-2016-009	Como Usuario Operativo de Planta e Instrumentación, se necesita un reporte que ayude a los supervisores con los indicadores clave de producción y estado de equipos al finalizar cada guardia de 12 horas [Anexo 17: FORMATO DE REPORTE DE OPERACIONES PLANTA - MOLIENDA], con la finalidad de evaluar el manejo de planta.	Desarrollar un reporte dinámico de operación planta por guardia		2		2	1	PI Datalink con Desarrollo tercero
HU-2016-010	Como Usuario Operativo de Planta e Instrumentación, se necesita tener Alertas/Notificaciones por correo electrónico si es que mostrase condiciones anormales, la cual debe ser notificada a los supervisores de turno, las señales a monitorear y sus rangos están detallados en el [Anexo 18: LISTADO DE ALERTAS / NOTIFICACIONES DE SEÑALES CRÍTICAS], esto con el fin de poder tomar acción mediata y este no afecte a la operación.	Desarrollar Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico en PI AF		2		1	1	PI Notification
HU-2016-011	Como Usuario de Consulta del Área de Mina, se necesita disponer de datos representativos de operación de Planta en una vista SQL según se detalla en el [Anexo 19: LISTADO DE DATOS DE PLANTA PARA EL DASHBOARD DE MINA], con la finalidad de ser presentada en el Dashboard General de Mina, en conjunto con los datos de Minesigth.	Desarrollar Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina		2		2	1	PI OleDb SQL

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
HU-2016-012	Como Usuario de Consulta de Área de Mina, se necesita tener el reporte en Excel de los datos del SPLIT ONLINE de Palas 1 y 2, según el [Anexo 20: FORMATO DE REPORTE DE SPLIT ONLINE DE PALAS 1 y 2] , el cual debe ser obtenido a demanda y sin la necesidad de tener instalado ningún complemento de PI System que involucre licenciamiento, con la finalidad de del análisis del mineral extraído en dichos equipos.	Desarrollar Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2		2		2	1	Desarrollo SQL con PI OleDb SQL
HU-2016-013	Como Usuario de Consulta del Área de Finanzas y Costos, se necesita tener datos representativos de la producción asociada a los costos y consumos de los mismos ingresados en SAP, según el modelo indicado en el [Anexo 21: FORMATO DE REPORTE DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DIARIA] , esto con la finalidad de poder estimar el costo actual del tonelaje producido por la planta procesadora.	Desarrollar Reporte Diario de Producción para el Área de Costos		1		1	1	PI Datalink con Desarrollo tercero SAP

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Tabla 4: Requerimientos No Funcionales

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
NF-2016-001	Como Usuario Operativo se necesita que las pantallas de monitoreo creadas han de estar accesibles desde cualquier dispositivo personal asignado al trabajador (computadora, móvil, tablet)	Brindar accesibilidad desde cualquier equipo a pantallas desarrolladas		2		2	2	Processbook
NF-2016-002	Como Usuario Operativo para mantener un orden se necesita que los tags creados deberán cumplir la denotación del estándar ANSI/ISA-5.1-2009 (The International Society of Automation, 2009)	Aplicar el Estándar ANSI/ISA-5.1.-2009		2		3	1	Data Archive

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
NF-2016-003	Como Usuario Operativo se necesita recibir alertas/ notificaciones por Mensaje de Texto (SMS)	Recibir notificaciones de tipo SMS		3		3	2	Notification
NF-2016-004	PI System debe soportar un sistema de almacenamiento que tenga Alta Disponibilidad.	Implementar Alta disponibilidad en PI Data Archive		1		1	1	Data Archive
NF-2016-005	PI System debe estar implementado en servidores que deben cumplir las políticas de seguridad por defecto respecto a la seguridad y auditoria, definidas por la compañía minera.	Aplicar políticas de seguridad de la compañía minera		1		1	1	Todos

ID	Enunciado de la Historia	Alias	Estado	Dificultad	Iteración	Prioridad	Exigible	Módulo
NF-2016-006	Como Usuario Operativo se necesita que los datos presentados manejen una tasa de actualización mínima de 5 segundos, con la finalidad de que se mantenga una visualización Online.	Configurar tasas de actualización de datos		2		2	1	Processbook, PI DataLink

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.1.3. CATÁLOGO DE ACTORES

El sistema a implantarse cuenta con los siguientes actores:

- PI System: Es el sistema como tal, con sus módulos de Interfaces, Archives, Asset Framework y Visualizadores.
- Administrador de PI System: Es la persona o personas encargadas de la administración de PI System a un nivel experto, el cual puede determinar la viabilidad funcional y alcances solicitados dentro de la compañía minera para implementarse o integrarse con PI System.
- Usuario de Planta Operativo: Son aquellos usuarios que manejan los datos capturados y almacenados por PI System de forma directa, para ser usados en su labor diaria, y su accionar en base al análisis de estos datos tiene impacto directo en la mejora del proceso, estos usuarios pueden ser:

Usuario de Control de Procesos e Instrumentación

Usuario de Operaciones Planta

Usuario de Metalurgia

Usuario de Mantenimiento

- Usuario Tercero de Consulta: Son aquellos usuarios que únicamente necesitan disponer y consultar ciertos datos estratégicos que se relacionan con su área o son requeridos por la compañía minera, el conocimiento que tienen ellos sobre el proceso de la planta concentradora es a un nivel macro y sus decisiones son tomadas en cuenta a largo plazo, estos usuarios son:

Usuario de Mina

Usuario de Administración, Costos y Finanzas

Usuario asociado a procesos de Gestión y Dirección

4.1.4. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

4.1.4.1. Criterios de Aceptación de Historias de Usuario

Para evaluar el cumplimiento de los requerimientos se ha trabajado en una matriz, que figura en la Tabla N° 5 y 6, respecto al criterio de aceptación que se dará para cumplir los requerimientos funcionales y no funcionales.

Tabla 5: Criterios de Aceptación de Requerimientos Funcionales

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2016-001	PI System	Colectar datos y eventos en tiempo real de la lista de equipos detallados en el Anexo 11.	Obtener datos uniformizados y poder ser presentados para un módulo que almacene estos datos.	1	PI Interface para OPC DA	Cuando el servidor sea un OPC Server	Cuando intente conectarse desde la interfaz	Lectura y escritura de datos y eventos en el buffer de cada interfaz respecto al OPC Server.
HU-2016-002	PI System	Almacenar los datos uniformizados colectados de los diferentes equipos detallados en el Anexo 12.	Mantener una base de datos disponible para los diversos usuarios de la compañía minera.	1	PI Data Archive	Cuando desee coleccionar datos	Cuando identifique las interfaces validas	Almacenar los datos sobre las interfaces proveedoras de datos.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2016-003	Usuario Planta Operativo	Los datos del sistema tengan restricciones de acceso de lectura y escritura integrada a las actuales cuentas de la compañía (AD Windows Server)	Evitar que esta información sea presentada y/o manipulada únicamente por personal autorizado por el Área de Operaciones.	1	Acceso a datos de PI System	Cuando desee obtener o cambiar cualquier dato de PI System	Cuando ingrese a cualquier visualizador de PI System y lance un comando de consulta o escritura.	Acceso con credenciales Windows hereden permisos directos de credenciales PI en visualizadores.
HU-2016-004	Administrador PI	La cantidad de datos colectados tenga un ratio de 1:10 (Datos Capturados: Datos Leídos)	Poder tener datos representativos de calidad con el menor consumo de recursos físicos y lógicos en la arquitectura a implementarse.	1	Lectura de datos por el Buffer sobre los datos escritos en el archive debe mantener un ratio de 1:10	Cuando el dato ingresa al archive siempre es evaluado por métodos de compresión y excepción buscando mantener dicho ratio.	Cuando el dato es capturado ingresa desde el buffer hacia el archive actual.	Lectura de datos por el Buffer sobre los datos escritos en el archive debe mantener un ratio de 1:10
HU-2016-005	Usuario Planta Operativo	Desarrollo de pantallas de monitoreo de las diversas áreas de la planta concentradora con la data capturada por el PI System, según Anexo 13.	Tener disponible los datos en tiempo real y análisis de tendencias del comportamiento de equipos en la historia.	1	Pantalla Desarrollada del Área de Chancado.	En caso necesite visualizar los datos del área de Chancado.	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Chancado según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.1

Enunciado de la Historia					Criterios de Aceptación			
⊆	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
				2	Pantalla Desarrollada de Molienda	En caso necesite visualizar los datos del área de Molienda	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Molienda según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.2
				3	Pantalla de Flotación Bulk Pantalla de Espesador Cu	En caso necesite visualizar los datos del área de Flotación	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Flotación según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.3
				4	Pantalla Desarrollada de Filtrados	En caso necesite visualizar los datos del área de Filtrados	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Filtrados según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.5

Enunciado de la Historia					Criterios de Aceptación			
ID	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
				5	Pantalla Desarrollada de Relaves	En caso necesite visualizar los datos del área de Relaves.	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Relaves según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.6
				6	Pantalla Desarrollada de Courier	En caso necesite visualizar los datos de los diversos Couriers.	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de monitoreo centralizados en una unidad de red.	Visualización de datos de la pantalla de Courier según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13.8
HU-2016-006	Usuario Planta Operativo	Desarrollo de pantallas de control de señal de horómetros asociado al proceso de reset, específicamente para las señales de horómetros de Vortex / Apex de los 72 ciclones de los Nidos 1, 2, 3, 4 del área de Molienda y las señales de horómetros del Estator / Rotor / Difusor de los 28 Tanques de	Evitar el uso del System 800xa de Planta y consumir mayor licencias, y escribir datos directamente en el DCS.	1	Pantalla Desarrollada de Reset de Horómetros - Molienda	En caso necesite resetear algún horómetro de Ciclones o de las Celdas de Flotación.	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de horómetros centralizados en una unidad de red.	Escritura sobre las señales relacionadas a los horómetros en los servidores DCS de las pantallas PI Processbook, según el Anexo 14.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
		Flotación, según listado en Anexo 14.						
				2	Pantalla Desarrollada de Reset de Horómetros - Flotación	En caso necesite resetear algún horómetro de Ciclones o de las Celdas de Flotación.	Cuando el usuario ingrese a la pantallas de control de horómetros centralizados en una unidad de red.	Escritura sobre las señales relacionadas a los horómetros en los servidores DCS de las pantallas PI ProcessBook, según el Anexo 14.
HU-2016-007	Usuario Tercero de Consulta	Lo datos capturados sean presentados en plantillas específicas según el tipo de equipo, según Anexo 15.	Tener un mejor manejo, disposición y comparación de equipos en base a sus atributos similares, siendo mostrados en los diversos visualizadores de PI System	1	Listar Activos en PI AF	Cuando requiera hacer análisis sobre equipos puntuales, según las plantillas creadas en PI AF.	Cuando el usuario ingrese a cualquier visualizador pueda desplegar los activos de PI AF	Listar Árbol de activos desde el PI AF en los diversos visualizadores, para poder ser usados en comparativas y/o análisis.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2016-008	Usuario Tercero de Consulta	Se necesita el envío automático de cumplimiento de KPIs asociados al área de planta para la Alta Gerencia, según el Anexo 16.	Tomar acción ante impactos negativos que pueda traer ante los objetivos trazados por la compañía minera.	1	Envío de Cumplimiento de KPIs	En caso de querer tener un control diario sobre el cumplimiento de KPIs operacionales.	Cuando finalice una guardia (1 día completo = 24 horas), enviar el avance de cumplimiento de KPIs.	Recepción del Correo de Cumplimiento de KPIs en las bandejas solicitadas, con el reporte bajo el formato indicado.
HU-2016-009	Usuario Planta Operativo	Se necesita tener un reporte para que los supervisores tengan los indicadores clave de producción y estado de equipos al finalizar cada guardia de 12 horas, según el Anexo 17	Poder evaluar el manejo de la planta durante las diversas guardias y el resultado obtenido.	1	Reporte con Indicadores y Estado de Equipos	En caso de querer tener un control de indicadores y estado de equipos.	Cuando finalice una guardia (1 día completo = 24 horas), enviar los indicadores clave de producción y estado de equipos.	Reporte con Indicadores de Producción en un archivo disponible para los supervisores, con el reporte bajo el formato indicado.
HU-2016-010	Usuario Planta Operativo	Tener Alertas / Notificaciones por correo electrónico si es que mostrase condiciones anormales, la cual debe ser notificada a los supervisores de turno, las señales a monitorear y sus rangos están detallados en el Anexo 18.	Tomar acción mediata antes estas alertas / notificaciones y este no afecte a la operación.	1	Envío de Notificaciones y Alertas	En caso de querer ser informado por eventos atípicos al comportamiento de ciertos equipos.	Cuando se presente algún dato fuera de rango en los datos registrados por el archive, envíe esta alerta o notificación a ciertos destinatarios.	Recepción del Correo de notificaciones ante datos reportados fuera de rango, según el detalle del listado de tags solicitados.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2016-011	Usuario Tercero de Consulta	Se necesita disponer de los datos representativos de operación Planta en una vista SQL según se detalla en el Anexo 19	Ser presentada en el Dashboard General de Mina, en conjunto con los datos de Minesigth, el trabajo de presentar estos datos estará bajo el área tercerizada de desarrollo con la empresa CAT (Ferreyros).	1	Presentación de los datos de Planta en el Dashboard mina.	En caso de querer mostrar datos de Planta en Mina.	Cuando se presente el Dashboard de Mina, deba mostrar los datos representativos de planta.	Presentación de los datos de Planta en el Dashboard mina.
HU-2016-012	Usuario Tercero de Consulta	Tener el reporte en Excel de los datos del SPLIT ONLINE de Palas 1 y 2, según el Anexo 20.	Tener un análisis granulométrico del mineral extraído en dichos equipos.	1	Reporte Split Online Palas 1 y 2	En caso que solicitar parámetros del SPLIT ONLINE de las Palas 1 y 2	Cuando se ingrese a la plantilla preparada en Excel, pueda citar con filtros de rango y selección de pala los datos solicitados.	Presentación de los datos del Split Online en un reporte Excel, sin el uso de ninguna librería de PI System en el reporte Excel.

Enunciado de la Historia					Criterios de Aceptación			
ID	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2016-013	Usuario Tercero de Consulta	Tener los datos representativos de la producción asociado a los costos y consumos de los mismos ingresados en SAP, según el modelo indicado en el Anexo 21	Estimar el costo actual del tonelaje producido por mina y análisis asociados al ROI.	1	Reporte de Costos y Consumos asociados a la producción.	En caso de solicitar Costos y Consumos asociado a la producción de la planta.	Cuando se ingrese a este reporte deba mostrar Costos y Consumos relacionado a la producción de un determinado día, según la selección del usuario.	Presentación de los datos de Costos y Consumos asociados a la producción en un reporte Excel, sin el uso de ninguna librería SAP ni de PI System.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Criterios de Aceptación de Requerimientos No Funcionales

Enunciado de la Historia					Criterios de Aceptación			
ID	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
NF-2016-001	Usuario Operativo	Tener pantallas de control y monitoreo accesibles desde cualquier dispositivo	Acceder a los pantallas de control y monitoreo para ser consultados desde cualquier dispositivo.	1	Pantallas de control y monitoreo accesibles	Cuando un usuario use un dispositivo tercero.	Cuando ingrese en cualquier dispositivo debe validar los credenciales del usuario y mostrar las pantallas asociadas.	Presentación de las pantallas de control y monitoreo en tabletas, móviles o laptops terceras.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
NF-2016-002	Usuario Operativo	Cumplir la denotación ANSI/ISA - 5.1 - 2009	Visualizar Tags creados bajo una denotación estándar.	1	Nomenclatura de Tags bajo ANSI/ISA 5.1. 2009	En caso de referenciar Tags en cualquier visualizador de PI System	Cuando un usuario busca, modifica o crea un Tag	Evidenciar Tags con la nomenclatura sugerida por la norma ANSI/ISA – 5.1. – 2009
NF-2016-003	Usuario Operativo	Recibir alertas como mensajes de texto	Visualizar mensajes en el celular para usuarios críticos, cuando no se tiene acceso a internet.	1	Alertas como mensaje de Texto	En caso una alerta sea notificada por PI AF	Cuando una alerta se activa lanza las notificaciones por SMS	Evidenciar mensajes de texto con las alertas activadas.
NF-2016-004	PI System	Soportar un sistema de alta disponibilidad	Tener una alta disponibilidad de servicios de accesos de los datos del PI System.	1	PI Data Archive con Alta Disponibilidad	Los usuario operativos solicitan información las 24 horas del día al PI System.	Cuando un usuario operativo accede a los datos almacenados en PI System.	Cuando el servidor principal de PI Data Archive cae, un servidor redundante debe entrar en operación.
NF-2016-005	PI System	Aplicar políticas de seguridad de la compañía minera	Mantener los protocolos de seguridad para evitar posibles fallos.	1	Aplicar Políticas de Seguridad	Los servidores PI System están implementados en servidores internos de la compañía.	Todo servidor configurado dentro de la compañía debe cumplir las políticas de seguridad estándar.	Se debe evidenciar en los servidores que la política de grupo ha sido aplicada.

ID	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			
	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	#	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
NF-2016-006	Usuario Operativo	Tener un refresco de datos en las herramientas visualizadores del PI System cada 5 segundos	Mantener un visualización en línea de los datos operativos actualizados en las pantallas y reportes.	1	Tazas de actualización de datos.	Cuando un usuario utiliza una de las herramientas visualizadores del PI System	Al abrir una pantalla o reporte desarrolladas en las herramientas del PI System	Los datos mostrados en las herramientas del PI System deben actualizarse cada 5 segundos

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2. Resumen de Entregables por Historia de Usuario

En la siguiente tabla N° 7, se muestra un resumen de entregables para los requerimientos funcionales.

Tabla 7: Entregables por requerimientos funcionales

ID	Alias	Módulo	Entregable
HU-2016-001	Colectar Datos de Equipos de Planta	PI Interface	Servidores Implementados y Configurados de PI Interfaces
HU-2016-002	Historizar Datos de Equipos de Planta	PI Archive	Servidores Implementados y Configurados de PI Archive
HU-2016-003	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows	PI Archive	Políticas de Seguridad basadas en Grupos del Directorio Activo
HU-2016-004	Optimizar calidad y cantidad de datos con un ratio 1:10	PI Archive	Tags creados bajo la configuración de Parámetros de Colección
HU-2016-005	Desarrollar pantallas general de monitoreo	PI Processbook	-Pantalla de Chancado -Pantalla de Molienda -Pantalla de Flotación Bulk & Espesador Cu -Pantalla de Filtrados

ID	Alias	Módulo	Entregable
			-Pantalla de Relaves -Pantalla de Courier
HU-2016-006	Desarrollar pantallas de control de horómetros – metalurgia	PI Processbook	- Pantalla de Reset de Nido de Ciclones 1, 2, 3, 4 - Pantalla de Reset de Celdas de Flotación 001 al 028.
HU-2016-007	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	PI AF	Listado de Elementos Estructurados en PI AF
HU-2016-008	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.	PI Datalink con Desarrollo tercero	Reporte Diario de KPIs
HU-2016-009	Crear un reporte dinámico de operación planta por guardia	PI Datalink con Desarrollo tercero	Reporte Diario de Operaciones (Área Molienda)

ID	Alias	Módulo	Entregable
HU-2016-010	Crear Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico	PI Notification	Implementación de Alertas y Notificaciones por Correo
HU-2016-011	Crear Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina	PI OleDb SQL	Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM)
HU-2016-012	Crear Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2	Desarrollo SQL con PI OleDb SQL	Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online)
HU-2016-013	Crear Reporte Diario de Producción para el Área de Costos	PI Datalink con Desarrollo tercero SAP	Reporte Diario de Producción vs Costos

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.1.5. LISTA DE TAREAS DE LAS ITERACIONES (SPRINT BACKLOG)

En las siguientes tablas, se muestran las iteraciones planificadas para cumplir con los requerimientos solicitados, bajo la metodología del marco de trabajo SCRUM.

Tabla 8: Iteración N° 01: Diseño de la Arquitectura y Parámetros Generales de la Solución

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-001	Colectar Datos de Equipos de Planta	Elaborar el Diseño de Arquitectura de la Solución	Administrador de PI System	16
HU-2016-002	Historizar Datos de Equipos de Planta	Elaborar el Diseño de la Configuración de Hardware de Servidores	Analista de Infraestructura	8
		Elaborar el Diseño de la Configuración de Software de Servidores	Analista de Infraestructura	8
		Elaborar el Diseño de la Configuración de Red para Servidores	Analista de Redes y Comunicaciones	8
NF-2016-002	Aplicar el Estándar ANSI/ISA-5.1.-2009	Elaborar el documento de diseño estructura de nombres	Administrador de PI System	4

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-003	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows	Elaborar el diseño del esquema de acceso y seguridad	Administrador de PI System	4
HU-2016-004	Optimizar calidad y cantidad de datos con un ratio 1:10	Definir los parámetros para la optimización de datos capturados de señales analógicas	Administrador de PI System	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Iteración N° 02: Diseño de Pantallas y Configuración de notificaciones

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-005	Desarrollar pantallas general de monitoreo	Diseñar las pantallas de Control y Monitoreo: - Diseño de Pantalla de Chancado - Diseño de Pantalla de Molienda - Diseño de Pantalla de Flotación Bulk & Espesador Cu - Diseño de Pantalla de Filtrados - Diseño de Pantalla de Relaves - Diseño de Pantalla de Courier	Administrador de PI System	16
HU-2016-006	Desarrollar pantallas de control de horómetros – metalurgia	Diseñar las Pantallas de Control de Reset de Horómetros - Metalurgia: - Diseño de Pantalla de Reset de Nido de	Administrador de PI System	8

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
		Ciclones 1, 2, 3, 4 - Diseño de Pantalla de Reset de Celdas de Flotación 001 al 028.		
HU-2016-007	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	Elaborar el diseño de estructura de activos para PI AF	Gestor de AF y Notificaciones	4
HU-2016-010	Crear Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico	Elaborar el Diseño de Alertas y Notificaciones de Condiciones Anormales	Gestor de AF y Notificaciones	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Iteración N° 03: Diseño de Reportes

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-008	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.	Elaborar el Diseño de Reporte Diario de Cumplimiento de KPIs (Área 210)	Administrador de PI System	4
HU-2016-009	Crear un reporte dinámico de operación planta por guardia	Elaborar el Diseño del Reporte Diario de Operaciones Planta (Área 210)	Administrador de PI System	4
HU-2016-013	Crear Reporte Diario de Producción para el Área de Costos	Elaborar el Diseño del Reporte Diario de Producción vs Costos (Planta)	Administrador de PI System	4

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-012	Crear Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2	Elaborar el Diseño del Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online)	Administrador de PI System	4
HU-2016-011	Crear Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina	Elaborar el Diseño de Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM)	Administrador de PI System	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Iteración N° 04: Implementar y Configurar Servidores

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-002	Historizar Datos de Equipos de Planta	Crear los servidores físicos	Analista de Infraestructura	4
		Configurar los servidores de físicos	Analista de Infraestructura	4
		Habilitar y configurar la red	Analista de Redes y Comunicaciones	4
		Instalar el software sobre los servidores	Administrador de PI System	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Iteración N° 05: Implementar y Configurar Servicios de PI System

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
NF-2016-004	Implementar Alta disponibilidad en PI Data Archive	Configurar la alta disponibilidad en los servidores Archive	Gestor de Archives	2
HU-2016-001	Colectar Datos de Equipos de Planta	Configurar las interfaces para coleccionar datos	Gestor de Interfaces	8

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-002	Historizar Datos de Equipos de Planta	Configurar el servidor de PI Data Archive para Historizar Datos	Gestor de Archives	4
HU-2016-003	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows			
HU-2016-002	Historizar Datos de Equipos de Planta	Crear y configurar los Tags en PI Data Archive	Gestor de Archives	8
HU-2016-004	Optimizar calidad y cantidad de datos con una ratio 1:10			
NF-2016-002	Aplicar el Estándar ANSI/ISA-5.1.-2009			
HU-2016-007	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	Configuración del servidor de PI AF	Gestor de AF y Notificaciones	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Iteración N° 06: Desarrollo de Pantallas de Control y Monitoreo

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-005	Desarrollar pantallas generales de control y monitoreo.	<p>Desarrollo de las pantallas de Control y Monitoreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de Pantalla de Chancado - Desarrollo de Pantalla de Molienda - Desarrollo de Pantalla de Flotación Bulk & Espesador Cu - Desarrollo de Pantalla de Filtrados - Desarrollo de Pantalla de Relaves - Desarrollo de Pantalla de Courier <p>Realizar Pruebas de Verificación.</p>	Desarrollador TICA	48
HU-2016-006	Desarrollar pantallas de control de horómetros – metalurgia	<p>Desarrollar las Pantallas de Control de Reset de Horómetros - Metalurgia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar Pantalla de Reset de Nido de Ciclones 1, 2, 3, 4 - Desarrollar Pantalla de Reset de Celdas de Flotación 001 al 028. <p>Realizar Pruebas de Verificación.</p>	Desarrollador TICA	32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Iteración N° 07: Implementación de Activos y Notificaciones en PI AF

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Alias del Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-007	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	Cargar los equipos según la estructura de activos Realizar Pruebas de Verificación.	Gestor de AF y Notificaciones	8
HU-2016-010	Crear Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico	Configurar las notificaciones según las condiciones informadas Realizar Pruebas de Verificación.	Gestor de AF y Notificaciones	8
NF-2016-003	Recibir notificaciones de tipo SMS	Configurar el envío de SMS a celulares Realizar Pruebas de Verificación.	Gestor de AF y Notificaciones	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Iteración N° 08: Desarrollo de Reportes

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-008	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.	Desarrollar el reporte diario de KPIs Realizar Pruebas de Verificación.	Desarrollador TICA	8

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Responsable	Horas estimadas totales
HU-2016-009	Crear un reporte dinámico de operación planta por guardia.	Desarrollar el reporte diario de operaciones para el área de molienda Realizar Pruebas de Verificación.	Desarrollador TICA	8
HU-2016-013	Crear Reporte Diario de Producción para el Área de Costos	Desarrollar el reporte diario de Producción y Costos. Realizar Pruebas de Verificación.	Desarrollador TICA	8
HU-2016-012	Crear Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2	Desarrollar el reporte por periodo de perfil granulométrico Realizar Pruebas de Verificación.	Desarrollador TICA	8
HU-2016-011	Crear Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina	Desarrollar las vistas SQL Server sobre datos de Planta Realizar Pruebas de Verificación.	Desarrollador MINA	8

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. RECURSOS DEL PROYECTO

Referente a recursos humanos, teniendo en cuenta que para esta implementación e integración se tiene un plazo de **1 mes y medio**, en un horario de 5 días por 8 horas, se realizó el cálculo de tiempo estimado de la siguiente forma:

Tabla 16: Roles de Trabajadores y tiempo requerido para el Proyecto Scrum

Rol Scrum	Puesto en el Proyecto	Puesto en Compañía Minera	Tiempo Requerido (horas)
Scrum Master	Líder	Analista de Sistemas y Desarrollo	240
Product Owner	Usuario Funcional	Jefe General de Control de Procesos	120
Scrum Team	Gestor de Interfaces	Ingeniero Senior de Control de Procesos	160
	Gestor de Archives	Analista de Automatización y Control de Procesos	160
	Gestor de AF y Notificaciones	Ingeniero Junior de Control de Procesos	60
	Desarrollador TICA	Asistente de Desarrollos TI	160
	Desarrollador TICA	Recurso Externo con contrato de servicios en proyecto	160
	Desarrollador MINA	Recurso Externo con contrato de servicios en proyecto	40
	Analista de Infraestructura	Analista de Data Center	40
	Analista de Redes y Comunicaciones	Analista de Redes y Comunicaciones	40
	Administrador de PI System	Ingeniero Senior de Control de Procesos	240

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Todo el personal se encuentra disponible dentro de la compañía minera, así que los recursos humanos no impactan en costos adicionales al proyecto, tan

solo la disposición de este personal que se encuentra aprobada por las Gerencia de TICA y Gerencia de Operaciones.

Concerniente a los recursos necesarios, el siguiente cuadro muestra dicho detalle:

Tabla 17: Listado de Recursos Físicos y Lógicos

Ítem	Cantidad	Descripción	Justificación	Tipo	Se dispone	Costo (USD)
1	2	Servidor MS Windows 2012 x64 - Disco Duro 500 GB - Memoria 8 GB - 2 Procesadores 2.2 GHz	Instalación de servidores PI Archive	Hardware	Si	\$ 0
2	4	Servidor MS Windows 2012 x64 - Disco Duro 50 GB - Memoria 4 GB - 1 Procesador 2.2 Ghz	Instalación de servidores de interfaces	Hardware	Si	\$ 0
3	1	Servidor MS Windows 2012 x64 - Disco Duro 100 GB - Memoria 4 GB - 1 Procesador 2.2 Ghz	Instalación de Servidores PI AF y Notificaciones	Hardware	Si	\$ 0
4	1	Instancia de MS SQL Server 2012 Standard Espacio para BD: 1 GB	Instalación de BD PI AF	Hardware	Si	\$ 0
5	1	Servidor de Xen App Center Espacio Disco para App: 2 GB	Instalación de MS Excel, PI Datalink, PI Processbook	Hardware	Si	\$ 0
6	1	Redes de Comunicación por Fibra Óptica hacia los servidores de Planta desde el Data Center de Oficinas.	Comunicación directa y redundante hacia los servidores de planta.	Comunicación	Si	\$ 0
7	1	Licenciamiento de Suite PI System de Osisoft por 20000 Tags	Considerar el Costo Fijo del 15% anual por cada rubro.	Software	No	\$ 276,200.00
8	1	Licenciamiento de Xen Citrix App	Publicación de Aplicaciones a través de la Intranet y la Nube	Software	Si	\$ 0
9	1	Licenciamiento de MS SQL server 2012 Standard	Publicación de la BD de PI AF	Software	Si	\$ 0

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El costo total del proyecto es de \$ **276,200.00**, el detalle del costo de licenciamiento de PI System se encuentra en el **Anexo 9: COSTOS DE LICENCIAS PI SYSTEM**.

4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

4.2.1. VIABILIDAD TÉCNICA

El proyecto reúne características, condiciones técnicas y operativas que aseguran el cumplimiento de metas y objetivos, ya que se tiene a personal altamente capacitado con experiencia en PI System y su aplicación en otras compañías, además se cuenta la disposición de equipos y medios para la implementación del PI System dentro de la compañía minera.

PI System es compatible con el ambiente y políticas de seguridad desarrolladas al momento, ya que toda la familia de servidores y equipos clientes en la compañía minera son bajo el sistema operativo Windows, siendo clave resaltar que OSIsoft es socio estratégico de Microsoft.

Finalmente, el uso PI System tendrá el mínimo impacto porque usará para la captura de datos a los servidores OPC ya configurados, lo cual no alterará ninguna configuración interna dentro de la red industrial y administrativa; este punto se explica en la siguiente subsección: Evaluación de la Infraestructura.

4.2.1.1. Evaluación de la Infraestructura

En la compañía minera, se cuentan implementados varios sistemas que sirven para la operación y control de la planta concentradora, detallados en el **Anexo 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS**, por lo cual es necesario tener una clara evaluación de la infraestructura actual implementada, con la finalidad de lograr la mejor conectividad a esa serie de sistemas de control distribuido, SCADA, PLC y otros sistemas de información empresarial, para así proporcionar los datos asociados en tiempo real y con capacidad de tolerar fallas en PI System.

Tabla 18: Listado de Sistemas de Operación y Control Implementados con Servicios Asociados para Mostrar Datos

Sistemas Implementados	Marcas de Equipos Instalados	Protocolos Disponibles			Sistema de Gestión / Control			OPC Server	
		PROFINET	PROFIBUS	MODBUS	Disponible	Descripción	Dominio	Disponible	Tipo
OPC SURROGATE	Allen Bradley ABB	x	x		x	System 800xa, sistema distribuido de control.	Red Industrial	x	Windows / OPC DA
PLC TERCEROS	Siemens Hirschmann	x		x	x	System 800xa, sistema distribuido de control.	Red Industrial	x	Windows / OPC DA
System One	Bently Nevada		x		x	System 1 Console, para configuración y control de las señales	Red Industrial	x	Windows / OPC HDA
Split Online Planta	Split Camera	x			x	Split Eng v4.0, sistema de control y configuración del SPLIT ONLINE.	Red Industrial	x	Windows / OPC DA
Split Online Chancadora	Split Camera	x			x	Split Eng v4.0, sistema de control y configuración del SPLIT ONLINE.	Red Industrial	x	Windows / OPC DA
VSM Zaranda 100-101	Siemens VSM		x		x	Sistema de Vibraciones, para control y configuración de los equipos.	Red Industrial	x	Windows / OPC HDA

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia



De la tabla anterior, se puede concluir que el método común de recopilación masiva al 100% de señales es mediante servidores OPC configurados, que centralizan la conexión de una o más fuentes de datos utilizando sus protocolos nativos y por otro lado los clientes pueden interactuar con las señales asociadas, considérese que la conexión por este medio es de tipo bidireccional permitiéndose leer y escribir sobre las señales.

Asimismo, denótese que el tipo de servidores OPC implementados son de tipo DA (Data Access) y HDA (Historical Data Access), que básicamente indican en que el primero muestra únicamente datos en tiempo real, y el segundo adicional a la función citada muestra a demanda cierta cantidad de datos de una serie de tiempo, pero para el presente proyecto es válida optar únicamente por la primera función de captura de los datos en tiempo real.

4.2.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La implementación de este tipo de sistema es esencial para la compañía minera, por lo cual se ha realizado un comparativo en el mercado con su competidor mediato que es System 800xA de la empresa ABB, del cual ya se posee en la compañía minera bajo el sistema DCS para el manejo y monitoreo en tiempo real de la planta, el comparativo se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 19: Comparativa de Costos de Licenciamiento y Adquisición de Software entre System 800xa y PI System

			
System 800xA - ABB		PI System - Osisoft	
Costo de Licenciamiento	\$ 298,880.00	\$ 276,200.00	
Detalle Nuevo	30 Licencias Open Workplace 1 Licencia Open Bridge	30 Licencias de PI Processbook 30 Licencias de PI Data Link 20 Mil Tag Points para Lectura y Captura de Datos, con 2 Nodos de Captura OPC y 1 RDBMS, asociado a un ambiente HA.	
Funcionalidad Existente	24 Mil Data Points para lectura de señales	-	
Costos Adicionales	\$ 30,000.00	\$ -	
Detalle	Compra de Licencia Oracle Estándar Edition por 2 Procesadores	-	

Costos Fijos Anuales	\$ 104,832.00	\$ 40,755.00
Detalle	- Contrato de Personal o Empresa Tercera Especialista en la herramienta System 800xA relacionada a guardar datos históricos de la planta (\$ 2500 por mes) - Soporte / Mantenimiento de Licencias 15 % (\$ 44,832.00) - Contrato de Personal Soporte / Administración de Base de Datos Oracle (\$ 2500 por mes)	- Soporte / Mantenimiento de Licencias 15 %

\$ 433,712.00	\$ 316,955.00
---------------	---------------

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El detalle de la cotización de la empresa ABB, se encuentra en el **Anexo 10: COSTOS DE LICENCIAS SYSTEM 800XA - ABB**, mientras que la cotización de OSIsoft se encuentra en el **Anexo 9: COSTOS DE LICENCIAS PI SYSTEM**.

De la comparativa realizada, se puede concluir que PI System es la mejor opción financiera en costos a largo plazo, ya que presenta nuevas mejoras en un ambiente aislado de la planta y con el menor esfuerzo humano requerido; el retorno de inversión se detalla en la siguiente subsección: Evaluación Económica.

4.2.2.1. Evaluación Económica

Para la aprobación del presupuesto de la presente tesis se ha presentado la siguiente Evaluación Económica, **Figura N° 14**, referente al Retorno de Inversión en base a la mejora en producción de Cobre Fino al 0.025% y reducción del uso del presupuesto de Mantenimiento al 0.25% en un ejercicio de los próximos 3 años.

Figura 14: Evaluación Económica de Implantar PI SYSTEM en la empresa

Evaluación Económica		PI System			
Periodo		0	1	2	3
Año		2016	2017	2018	2019
Flujo de Inversiones					
Inversión		(\$276K)	-	-	-
Otros gastos		(\$5K)	-	-	-
Inversión total		(\$281K)	-	-	-
Flujo Efectivo de Caja					
Ingresos					
Reducción de costes de mantenimiento en el año en curso (-0,25%)		-	\$9K	\$9K	\$9K
Mejora del Proceso para obtener mayor producto final (+0.025%)		-	\$240K	\$300K	\$300K
Total Ingresos		-	\$249K	\$309K	\$309K
Gastos					
Depreciación		-	-	-	-
Nuevo costo operativo		-	\$8K	\$8K	\$8K
Mantenimiento de nuevo año (licenciamiento)		-	\$41K	\$41K	\$41K
Total Gastos		-	(\$49K)	(\$49K)	(\$49K)
EBIT (Ganancia antes de intereses e impuestos)					
		-	\$200K	\$260K	\$260K
Impuestos					
Impuesto sobre la renta mensual (30%)		-	\$60K	\$78K	\$78K
Participación de los trabajadores (8.0%)		-	\$16K	\$21K	\$21K
Total impuestos		-	(\$76K)	(\$99K)	(\$99K)
Flujo de efectivo total de operación					
		-	\$124K	\$161K	\$161K
Flujo de caja económico					
		(\$281K)	\$124K	\$161K	\$161K
VAN (NPV)		\$86K			
TIR (IRR)		25.91%			
Tiempo de Retorno (Payback) (Años)		2.69			

Fuente: Compañía Minera. Evaluación Económica de Proyectos

De la **Figura N° 14**, se concluye que el proyecto es viable debido a que la variable TIR (Tasa Interna de Retorno) que ofrece la inversión es de 25.91% en los próximos 3 años, teniéndose un VAN (Valor Actualizado Neto) de USD 86,000.00 y la recuperación total de la inversión se dará en un periodo de 2.69 años. Esta conclusión se ha dado, en base a las siguientes variables:

- Flow Investments (FI), o flujo de inversiones, es el costo total de la presente tesis, la cual se ha presentado por USD 276,200.00 con un costo adicional de USD 5,000.00, para contingencia de servicios, siendo la inversión total en el periodo 0 (cero) la suma de USD 281,200.00

- Revenues, o ingresos, es la cantidad de dinero que se generará por la implementación de PI SYSTEM, donde se han considerado dos variables:

Reducción del Costo de Mantenimiento al 0.25%, siendo una reducción de USD 9,000.00, el cual se ha estimado en base al presupuesto planificado anualmente, este monto total es de USD 3,600,000.00

Mejora del proceso para obtener más tonelaje del producto final al 0.025%, lo cual significa la producción adicional de 40 a 50 toneladas de Concentrado Fino de Cobre, y estimando el precio promedio del cobre a un monto de USD 6,000.00, se lograría un ingreso entre USD 240,000.00 a USD 3000,000.00.

- Expenditures, o gastos, son aquellos gastos directos que genera la implementación de este software en la empresa, y las variables presentadas en esta evaluación son:

Depreciation, o depreciación, la cual no es considerada debido a que el software es un activo intangible.

New Operating Cost, o costo nuevo operativo, es el gasto asociado al gasto que tiene la operatividad del presente software respecto a trabajadores o servicios contratados.

Licensing, o licenciamiento, es la amortización anual que se paga al proveedor por el software de PI SYSTEM, pero debido a que el software no tiene una vida útil determinada se considera el valor del 15.00 % que se deduce del costo inicial de USD 276,200.00, siendo un monto fijo de USD 40,755.00.

- EBIT, o Ganancias antes de los intereses e impuestos, es un indicador del resultado de explotación de la empresa sin tener en cuenta los intereses y costes financieros.
- Taxes, o impuestos, son los tributos o deducciones que son pagos obligatorios en respecto al EBIT de la empresa, las cuales serán descontadas al EBIT para obtener el flujo total de la operación, en esta operación se ha considerado los siguientes tributos:

Monthly Income Tax, o Impuesto a la Renta Mensual, la empresa es un contribuyente de tercera categoría, por lo cual para este análisis se ha considerado la tasa más alta aplicable del 30% (Sunat, 2016)

Worker Participations, o Participación de Trabajadores, al pertenecer al sector minero el porcentaje asociado es del 8% (Diario Gestión, 2017)

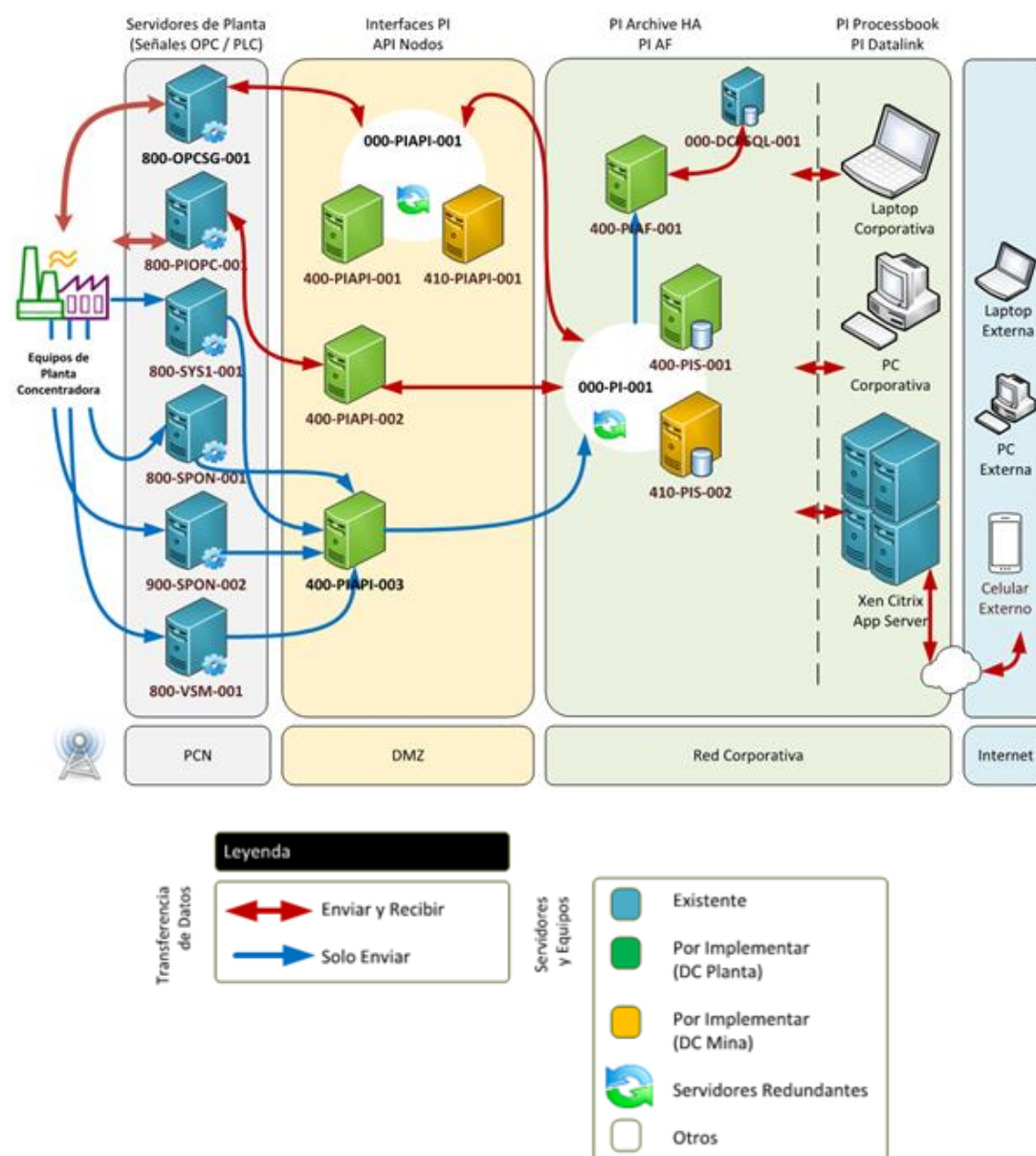
4.3. DISEÑO

4.3.1. ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN: HU-2016-002

La compañía minera cuenta con una arquitectura estable y operativa para el servicio de PI System a implementarse, sobre servidores virtuales bajo la plataforma vSphere de VMWARE, estos se encuentran de forma física en (2) dos salas de servidores (Data Center) dentro de las instalaciones de la compañía minera que provee disponibilidad, redundancia y escalabilidad.

En esta sección se detalla una descripción de alto nivel para la implementación e integración propuesta basada en los requerimientos de la compañía minera, por lo cual en la **Figura N° 15** se muestra un diagrama funcional de PI System con los servidores que se implementará para su correcto funcionamiento.

Figura 15: Diagrama Funcional de PI System para la compañía minera



<<

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El diagrama de la **Figura N° 15**, fue diseñado en base a las recomendaciones que sugiere Osisoft, según el manual de Administración de PI System para profesionales en IT (Osisoft, 2015), por lo cual a continuación se brinda una explicación detallada del diagrama citado:

En esta arquitectura se presenta un estándar de seguridad respecto al acceso y conectividad que comúnmente es usado para la gran industria, el cual es

divido en tres tipos de redes (1) PCN (Red de Control de Procesos), (2) Red Corporativa, estas dos primeras se encuentran en dominios diferentes y respectivamente aseguradas por firewalls con políticas independientes, e intermedia a ellas existe la (3) DMZ (Zona desmilitarizada), la cual mantiene conexión con ambas redes.

En primera línea se tiene el origen de datos, donde se busca identificar y denotar el tipo de fuente de datos, para nuestro caso serán únicamente servidores OPC.

Luego vienen los servidores configurados con las interfaces de PI, las cuales buscan recolectar de forma inmediata los datos desde la fuente considerando ciertos criterios de configuración en base a tiempos de escaneo, tipo de fuente, calidad de datos y otros. Cabe resaltar que la interfaz 000-PIAPI-001 tiene dos (2) servidores redundantes debido a tener la mayoría de señales y sobretodo son críticas, esto en PI System para este tipo de servidores es tener el servicio de FAILOVER habilitado, estos dos servidores se encontraran implementados en diferentes Centros de Datos (Data Center).

Posterior a tener los datos capturados de las señales por las interfaces, se procede al archivado o historización de los mismos en determinados Tags (Points), los cuales son almacenados en los servidores de Archivos de PI, el cual es un motor de base datos de Series de Tiempo propio de Osisoft. Al ser este servidor el corazón del servicio de PI System se ha considerado la implementación de alta disponibilidad, que en PI System es trabajar en Modo Colectivo para este tipo de servidores, es así que se detalla en el diagrama la existencia de dos (2) servidores en diferentes Centros de Datos (Data Center), los cuales en la práctica serán espejo uno del otro y son representados por un nombre colectivo el cual es 000-PI-001.

Luego de la historización de todos estos datos, los clientes pueden disponer de forma directa su uso, pero para una mejor organización en base a plantillas de activos, se dispone del servidor de PI AF (Asset Framework), el cual mediante el apoyo de un servidor Microsoft SQL Server y una aplicación propia de Osisoft muestra los datos en un esquema organizado y diseñado por la compañía en base a plantillas por tipos de equipo y sistemas.

Para todos los usuarios corporativos se tienen las herramientas de escritorio PI DATA LINK y PI PROCESSBOOK, y en la compañía minera del presente

estudio para dinamizar su uso se tendrán publicadas estas aplicaciones a través de servidores Xen Citrix App, el cual es compatible con cualquier dispositivo móvil o de escritorio con tan solo tener acceso a Internet.

Para el área de desarrollo y aplicaciones, que necesitan trabajar con estos datos, PI System es compatible con Microsoft SQL Server, en donde se pueden crear Linked Server hacia el servidor de PI DATA ARCHIVE y PI AF, para poder extraer los datos de forma dinámica.

4.3.2. DISEÑO DEL MÓDULO DE COLECCIÓN DE SEÑALES: HU-2016-001, HU-2016-002

4.3.2.1. Configuración de Hardware de Servidores

Los servidores primarios de PI System, se ubicarán en el clúster productivo de planta, ubicado físicamente en el Data Center Planta - Molino, mientras que los servidores secundarios (redundantes) estarán ubicados en el Data Center de Mina - Truckshop. Se implementará un clúster productivo basado en Vmware el cual alojará a los servidores PI System, dichos servidores tendrán los siguientes roles:

Tabla 20: Roles de Servidores de PI System

Ítem	Descripción	Nombre de Servidor	Ubicación Data center
1	PI SERVER PRIMARIO	400-PIS-001	Planta
2	PI SERVER SECUNDARIO	410-PIS-002	Mina
3	SERVIDOR PI AF	400-PIAF-001	Planta
4	SERVIDOR API NODE (1.1)	400-PIAPI-001	Planta
5	SERVIDOR API NODE (1.2)	410-PIAPI-001	Mina
6	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-002	Planta
7	SERVIDOR API NODE (3)	400-PIAPI-003	Planta

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Es importante definir los recursos que tendrá cada servidor de la solución. De esto dependerá el correcto funcionamiento del sistema en condiciones normales de uso y en condiciones de carga

extrema. En la siguiente tabla, trataremos la asignación de memoria y procesador de cada servidor involucrado, asimismo el sistema operativo con el cual trabajará.

Tabla 21: Recursos de Hardware (Memoria y Procesador) requeridos para los servidores de PI System

Ítem	Descripción	Host	Sistema Operativo	N° Procesadores Virtuales	RAM
1	PI SERVER PRIMARIO	400-PIS-001	Windows Server 2012 R2 64 bits	8 VCPUs	6 GB
2	PI SERVER SECUNDARIO	410-PIS-002	Windows Server 2012 R2 64 bits	8 VCPUs	6 GB
3	SERVIDOR PI AF	400-PIAF-001	Windows Server 2012 R2 64 bits	4 VCPUs	2 GB
4	SERVIDOR API NODE (1) PRIMARIO	400-PIAPI-001	Windows Server 2012 R2 64 bits	2 VCPUs	2 GB
5	SERVIDOR API NODE (1) SECUNDARIO	410-PIAPI-001	Windows Server 2012 R2 64 bits	2 VCPUs	2 GB
6	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-002	Windows Server 2012 R2 64 bits	2 VCPUs	2 GB
7	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-003	Windows Server 2012 R2 64 bits	2 VCPUs	2 GB

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El almacenamiento es uno de los componentes más importantes para la infraestructura de cualquier sistema cliente-servidor, dado el impacto e importancia que tienen sobre la estabilidad y escalabilidad de la operación del sistema, considerándose punto crítico y dependiendo del servidor se encuentran en Datastore o en SAN, el cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 22: Recursos de Hardware (Almacenamiento) requeridos para los servidores de PI System

Ítem	Descripción	Host	Unidad C (SO + Data)	Unidad D (Data)	Unidad E (Backup Local)
1	PI SERVER PRIMARIO	400-PIS-001	40 GB	500 GB	500 GB
2	PI SERVER SECUNDARIO	410-PIS-002	40 GB	500 GB	-
3	SERVIDOR PI AF	400-PIAF-001	40 GB	40 GB	-
4	SERVIDOR API NODE (1) PRIMARIO	400-PIAPI-001	40 GB	-	-
5	SERVIDOR API NODE (1) SECUNDARIO	410-PIAPI-001	40 GB	-	-
6	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-002	40 GB	-	-
7	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-003	40 GB	-	-

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Finalmente, se debe considerar establecer políticas de seguridad y auditoria basada en las políticas del dominio asociado, por lo cual considerando dicho estándar se recomienda seguir la plantilla detallada en la siguiente tabla, referente a la configuración por defecto de los servidores.

Tabla 23: Políticas de seguridad por defecto de los servidores de la compañía minera

Política	
Configuraciones de Windows	
Configuraciones de seguridad	
Políticas de cuenta / Política de contraseña	
Política	Ajuste
Hacer cumplir el historial de contraseñas	24 contraseñas recordadas
Edad máxima de la contraseña	30 días
Edad mínima de la contraseña	0 días
Longitud mínima de la contraseña	8 caracteres
La clave debe cumplir los requerimientos de complejidad	Deshabilitado
Almacenar contraseña utilizando cifrado reversible	Deshabilitado
Políticas de cuenta / Política de cuenta	
Política	Ajuste
Duración de bloqueo de cuenta	30 minutos
Umbral de bloqueo de cuenta	5 intentos de inicio de sesión inválidos

Restablecer contador de bloqueo de cuenta después	30 minutos
Políticas locales / política de auditoría	
Política	Ajuste
Auditar los eventos de inicio de sesión de la cuenta.	Habilitado
Gestión de cuentas de auditoría.	Deshabilitado
Acceso al servicio de directorio de auditoría.	Deshabilitado
Auditar eventos de inicio de sesión	Habilitado
Auditar el acceso a objetos.	Habilitado
Cambio de política de auditoría	Deshabilitado
Auditoría de uso de privilegios.	Habilitado

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

La compañía agrupa estas políticas de acuerdo a un grupo de servidores, para los presentes equipos asociados en la implementación de PI SYSTEM el grupo asociado son de Servidores Críticos de Procesos, que tiene una política llamada: GG_C_SECURE

4.3.2.2. Configuración de Software de Servidores

En esta sección se detallan las aplicaciones de PI System a instalar, para que el servicio de PI System funcione con normalidad, siendo este el listado por cada servidor:

Tabla 24: Listado de Software OSIsoft por instalar en los servidores de PI System

Ítem	Descripción	Nombre de Servidor	Software OSIsoft
1	PI SERVER PRIMARIO	400-PIS-001	PI SMT PI DATA ARCHIVE SERVER PI SDK PI HA COLLECTIVE
2	PI SERVER SECUNDARIO	410-PIS-002	PI SMT PI DATA ARCHIVE SERVER PI SDK PI HA COLLECTIVE
3	SERVIDOR PI AF - NOTIFICATION - SQL DAS	400-PIAF-001	PI AF SERVER PI NOTIFICATION PI OLEDB PI SQL DAS
4	SERVIDOR API NODE (1.1)	400-PIAPI-001	PI ICU FAILOVER
5	SERVIDOR API NODE (1.2)	410-PIAPI-001	PI ICU FAILOVER
6	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-002	PI ICU
7	SERVIDOR API NODE (3)	400-PIAPI-003	PI ICU

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.2.3. Configuración de Red para Servidores

Esta sección define lo referente a la configuración de la red, requerimientos y consideraciones de los recursos para el servicio PI System. Se mencionan también configuraciones de las tarjetas de red (NIC), características de puertos de switch, requerimientos WAN.

El caso particular de esta configuración recae sobre los servidores de interfaces (API NODE), los cuales se comunicarán por la red de control a los servidores de Control de Procesos asociados al DCS System 800xa, y a través del Firewall industrial se comunica por red administrativa hacia al PI Data Archive, por lo cual se aplicó las siguientes configuraciones de red:

Tabla 25: Tabla de consideraciones para la configuración de la red en los servidores de PI System

Punto de Decisión	Decisión de Diseño	Justificación
Cluster Firewall Industrial Zona DMZ y Perimetral	02 Cluster Firewall	Alta disponibilidad en el acceso a la zona DMZ de Servidores PI System
NIC's virtual por servidor	02	Debido a la redundancia a nivel de aplicación.
Velocidad de NIC	10/100 Mbps	Se utilizará 10/100 Mbps para la transferencia de datos.
Redundancia física	Si	El chasis de servidores Blade cuenta con 4 interfaces de red las cuales estarán en balanceo de carga.
Tipo de tarjeta virtual	Para virtualizar VMNETX3	Se utilizará tarjetas de red para virtualizar con mejor performance de red
vSwitch	Si	Se utilizará Trunk y . PortChannel dividiendo las redes en VLAN's
vSwitch name	PI System	Los vSwitchs de diferenciarán en nombre con el servicio que presta cada vSwitch.

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Finalmente se debe considerar la apertura de los siguientes puertos de los servidores asociados a PI System, según el siguiente detalle:

Tabla 26: Listado de Puertos a usar por los servicios de los servidores de PI System

Ítem	Descripción	Host	UDP	TCP
1	PI SERVER PRIMARIO	400-PIS-001		53, 88, 135, 445, 5450, 5457
2	PI SERVER SECUNDARIO	410-PIS-002		53, 88, 135, 445, 5450, 5457
3	SERVIDOR PI AF - NOTIFICATION - DAS	400-PIAF-001	88, 135, 1434	25, 80, 88, 135, 443, 1433, 1434, 5000:5100, 5061, 5450, 5454, 5455, 5457, 5458, 5459, 5463, 8000
4	SERVIDOR API NODE (1) PRIMARIO	400-PIAPI-001		80, 135, 5000:5100, 5450
5	SERVIDOR API NODE (1) SECUNDARIO	410-PIAPI-001		80, 135, 5000:5100, 5450
6	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-002		80, 135, 5000:5100, 5450
7	SERVIDOR API NODE (2)	400-PIAPI-003		80, 135, 5000:5100, 5450

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.3. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE NOMBRES DE TAGS SEGÚN EL ESTÁNDAR ANSI/ISA-5.1-2009: NF-2016-002

La facilidad en el acceso a los datos y a su historia es un aspecto preponderante en el desempeño de sistemas que manipulan un volumen significativo de información. En este contexto las herramientas de búsqueda de variables cumplen una función de suma importancia. Sin embargo, es de orden complementario estructurar adecuadamente los identificadores de las variables. Los identificadores o tags bien conformados permiten que cualquier usuario que conozca la estructura navegue por la base de datos parcelando con mejor precisión las variables de su interés, lo que por consecuencia reduce el tiempo invertido en tareas no productivas, por lo cual se presenta la siguiente estructura básica para la asignación estándar de los nombres de tags, en base a la norma ANSI/ISA-5.1-2009 (The International Society of Automation, 2009) los tags que se necesite definir deberán estar codificados en 3 partes como se muestra a continuación.

AreaCodArea: TagIsa#CorrelativoTipo.ReducciónPeríodo_Origen

En esta estructura cada campo tiene un significado o función según se detalla más adelante. También se define que el separador entre el primer y segundo campo es el carácter “:” y entre el segundo y tercero depende de la conformación en particular. A continuación, se dictan las pautas generales para asistir al analista en la etapa de asignación de nombres o Tags para las variables en PI System.

Parte 1 (AZUL)

- Área: Se define siglas para la descripción de cada Área
PL (Planta)
MN (Mina)
TI (TICA)
KG (Kingsmill)
- CodArea: Típicamente, los códigos de área se asignan durante los proyectos de construcción, por lo cual se deben solicitar al cliente como un antecedente. Sin embargo, ante la carencia de ellos, se sugiere

utilizar un valor numérico con la cantidad de dígitos necesarios para representar todas las áreas existentes (100, 200, 210, etc.) y las que puedan ser agregadas con posterioridad, el listado completo de las áreas se encuentra en el Anexo 23: CODIFICACIÓN DE ÁREAS DE PROCESOS.

Parte 2 (ROJO)

- **Taglsa:** Se sugiere utilizar y respetar la norma definida por ISA, que sugiere un conjunto de letras que identifiquen en mayor o menor medida la naturaleza de la variable (FIT, PIT, LIT, etc), el cuadro completo para usar esta denotación se encuentra en el Anexo 24: IDENTIFICACIÓN DE LETRAS SEGÚN ANSI/ISA-5.1-2009
- **#Correlativo:** Se sugiere la utilización de un valor numérico de cuatro dígitos.
- **Tipo:** Se sugiere la utilización de la nomenclatura originaria del sistema de control al cual está asociada la variable. Por ejemplo: PV, SP, OUT, etc.

Parte 3 (VERDE)

- **ReducciónPeríodo:** El reductor es una “compactación en el tiempo” de los datos de una variable. El período identifica la frecuencia con que se efectúa un cálculo de reducción. (Reducción-ACC, Periodo-H)
- **Origen:** Este campo debe definir la procedencia de la variable. (DCS, PLC3, SOL1, etc.)

4.3.4. DISEÑO DEL ESQUEMA DE ACCESO Y SEGURIDAD: HU-2016-003

Según el requerimiento funcional, se debe definir políticas de acceso y seguridad integrada a Windows, por lo cual se ha visto conveniente asociar las cuentas del dominio del Directorio Activo de la red Administrativa mediante

el uso de un grupo, para luego direccionarlos hacia un rol genérico de lectura o escritura en PI SYSTEM, según sea necesario.

Tabla 27: Listado de Grupos a definir en el Directorio Activo

Ítem	Descripción	Usuarios DA	Grupo DA	Rol PI System
1	Usuarios Lectura	Todo el directorio activo de la empresa	G_USUARIOS_PI_SYSTEM	pi_read
2	Usuarios de Lectura / Escritura Usuarios Administradores	Usuarios administradores de PI SYSTEM	G_ADMIN_PI_SYSTEM	pi_admin

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA OPTIMIZACIÓN DE DATOS CAPTURADOS DE SEÑALES ANALÓGICAS: HU-2016-004

En este punto, se debe definir los valores porcentuales a considerar para que la excepción de datos almacenados logre cumplir la ratio 1:10 para las diferentes señales analógicas. Este parámetro es usado para comparar el ultimo valor guardado en el archive de PI SYSTEM ante el último dato leído de las Interfaces de PI SYSTEM de la misma señal, si la variación del último dato leído es mayor a este parámetro se procede a guardar, sino se descarta el dato. Es por ello que se necesita obtener un valor estándar del parámetro de excepción, pero al tener diversos tipos de señales analógicas se ha visto conveniente agruparlas de la siguiente manera, y realizar el cálculo de la ratio 1:10 en base a un SPAN estándar y la variación mínima en dichos grupos.

Tabla 28: Listado de valores para el parámetro de excepción

Ítem	Grupo de Señales	SPAN	Variación Mínima a Registrar	Valor % Sugerido de Excepción 1:10	Intervalo de Excepción
1	Flujo (m3/h)	1000	0.5	0.050%	8h
2	Temperatura (°C)	500	1	0.200%	8h
3	Peso (t)	10000	0.5	0.005%	8h
4	Potencia (KW)	2500	0.25	0.010%	8h
5	Corriente (A)	250	0.5	0.200%	8h

Ítem	Grupo de Señales	SPAN	Variación Mínima a Registrar	Valor % Sugerido de Excepción 1:10	Intervalo de Excepción
6	Otros	100	0.05	0.050%	8h

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.6. DISEÑO DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO: HU-2016-005

Este es un requerimiento, con el código HU-2016-005, donde solicitan el despliegue de pantallas en PI Processbook, en base a las pantallas principales del System 800xa que se usa actualmente en la operación, siendo un total de 6 pantallas que serán centralizadas en un único libro el cual será publicado en una ruta donde se tenga acceso desde la red corporativa y una red externa (mediante el uso de Xen App Citrix).

Los diseños presentados se adjuntan en la sección de Anexos de la presente tesis, según el siguiente detalle:

Tabla 29: Listado de Diseños de Pantallas de Control y Monitoreo

Ítem	Descripción	Numero de Anexo
1	Diseño de Pantalla de Chancado (200)	Anexo 25.1
2	Diseño de Pantalla de Molienda (210)	Anexo 25.2
3	Diseño de Pantalla de Flotación Bulk (220) Diseño de Pantalla de Espesador Cu (240)	Anexo 25.3
4	Diseño de Pantalla de Filtrados (245)	Anexo 25.4
5	Diseño de Pantalla de Relaves (255)	Anexo 25.5
6	Diseño de Pantalla de Courier	Anexo 25.6

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.7. DISEÑO DE PANTALLAS DE CONTROL DE RESET DE HORÓMETROS - METALURGIA: HU-2016-006

En base al requerimiento bajo código HU-2016-006, el área de Metalurgia necesita el desarrollo de pantallas de control de las señales de horómetros asociado al proceso de reset, a lo cual se presente los siguientes diseños:

Tabla 30: Listado de Diseños de Pantallas de Control de Reset de Horómetros

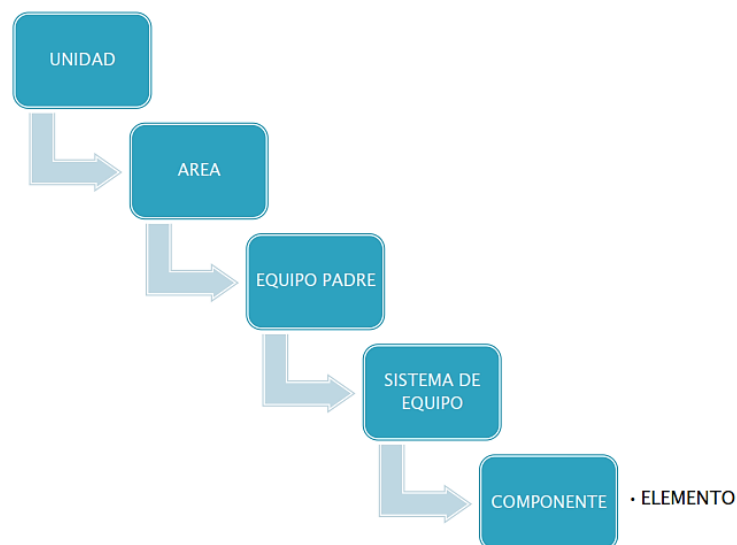
Ítem	Descripción	Numero de Anexo
1	Diseño de Pantalla de Reset de Nido de Ciclones 1, 2, 3, 4	Anexo 26.1
2	Diseño de Pantalla de Reset de Celdas de Flotación 001 al 028.	Anexo 26.2

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.8. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ACTIVOS PARA PI AF: HU-2016-007

Considerando que el panorama operativo es muy complejo para el presente proyecto, debido a la gran variedad de equipos y atributos dentro de la planta, se necesita un modelo de gestión sencillo, de fácil comprensión para cualquier trabajador de la compañía minera, a lo cual se presenta el siguiente diseño de estructura para Activos.

Figura 16: Diseño de Estructura de PI AF

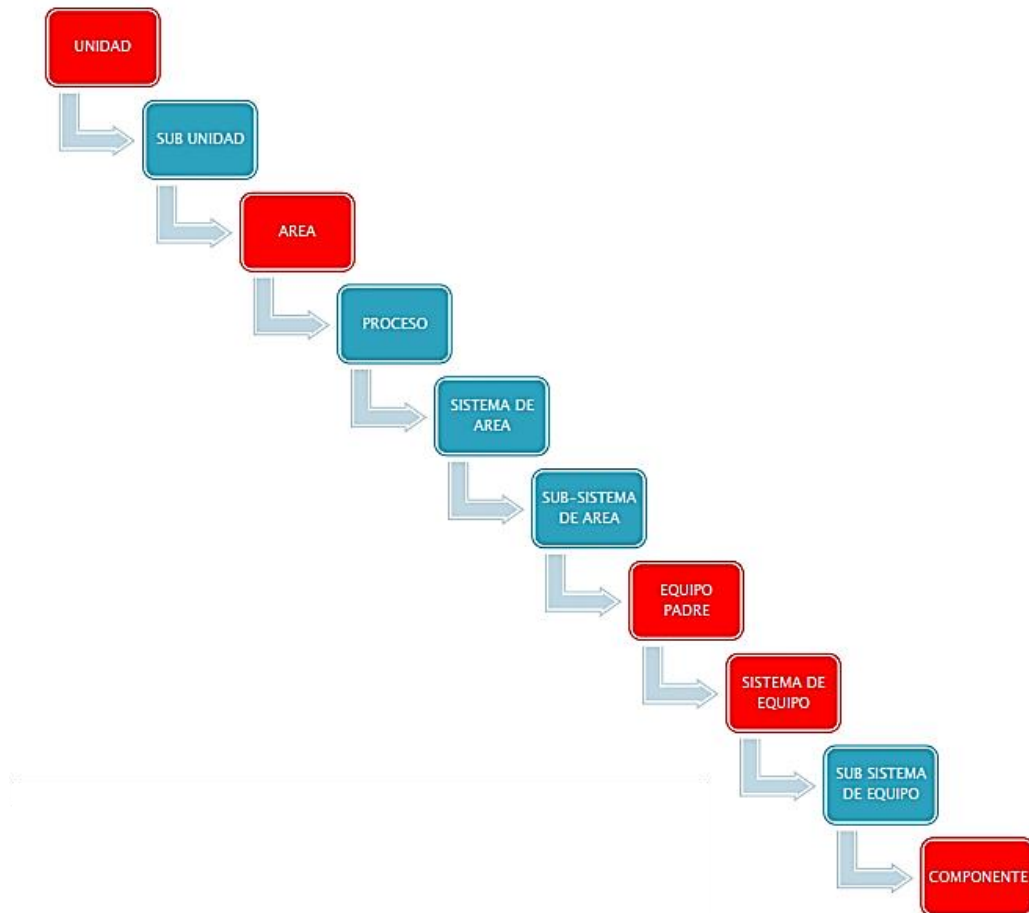


Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

La estructura de la **Figura N° 16**, se obtiene en base al estudio de la empresa Hatch, especialista en asesoría de procesos mineros, energía e infraestructura, la cual proporciona información para evitar tiempos de inactividad inesperados, reducir incidentes de seguridad asociados con

actividades no planificadas y alcanzar objetivos operacionales, y clasifica sugiere la siguiente estructura, que se muestra en la **Figura N° 17**.

Figura 17: Arquitectura sugerida por Hatch



Fuente: Hatch, 2015

El esquema propuesto en la **Figura N° 17**, para la compañía minera, indica lo siguiente:

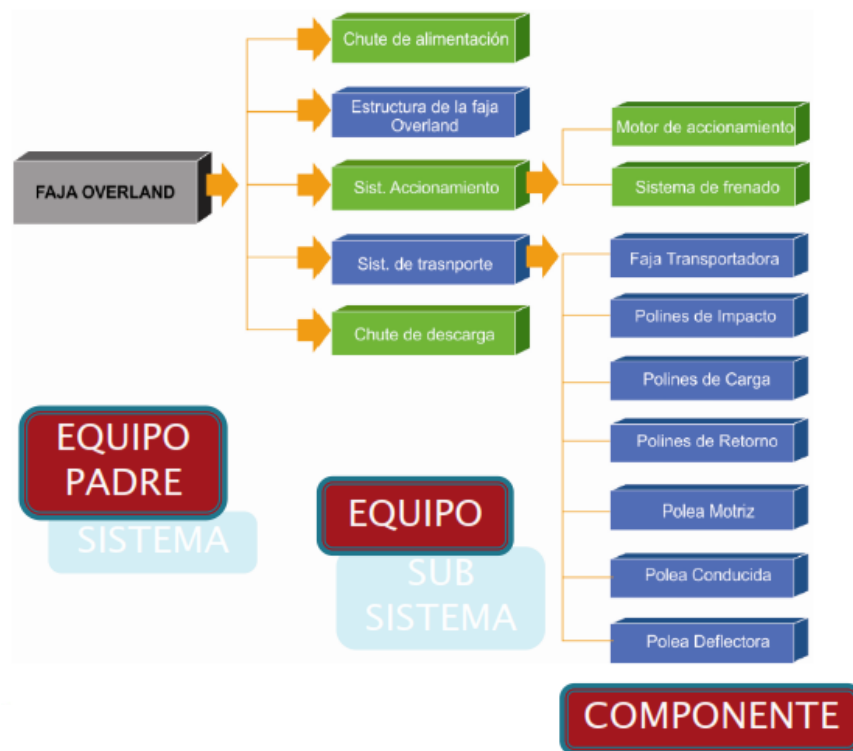
- Unidad: Lugar o Ubicación Geográfica
- Área: Sector específico de la planta.
- Equipo Padre: Está conformado por equipos padres que organizadas y relacionadas interactúan entre sí.
- Sistema de Equipo: Es un grupo de componentes menores que cumplen una función específica.

- Componente: Parque del equipo padre, el cual contiene atributos (elementos) siendo el nivel donde se asociarán los tags.

Cabe mencionar que en todo nivel se pueden agregar atributos, pero en su mayoría estos deben estar relacionados al nivel de componente, ya que será en el cual se trabajaran plantillas en base a tipo de equipos.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se debe definir un Equipo padre para la Faja Overland:

Figura 18: Ejemplo de Equipo Padre - PI AF

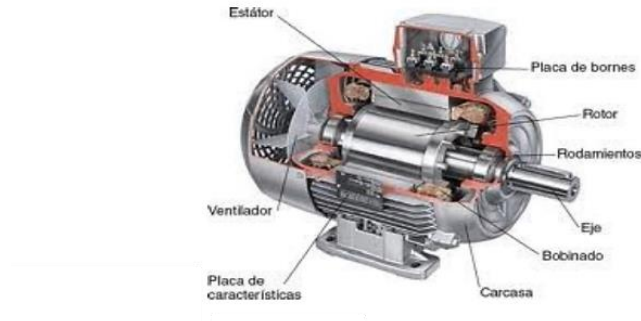


Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Y como se citó en párrafos anteriores, en el último nivel de componente, se debe asociar los atributos, a continuación, un ejemplo de los atributos de un motor:

Figura 19: Ejemplo de Componentes y Atributos - PI AF

- ▶ (E.P) Faja Overland
 - (E) Sistema de Accionamiento
 - (C) Motor

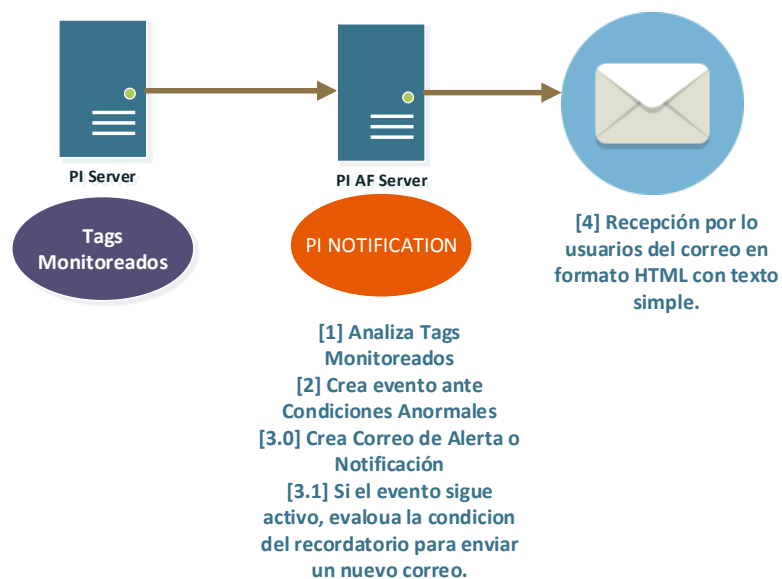


Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.9. DISEÑO DE ALERTAS Y NOTIFICACIONES DE CONDICIONES ANORMALES: HU-2016-010

Con esta implementación se busca tener alertas y notificaciones de equipos críticos en condiciones anormales mediante el uso de la herramienta PI Notification, la cual esta detallada en el **Anexo 18: LISTADO DE ALERTAS / NOTIFICACIONES DE SEÑALES CRÍTICAS**. El proceso se detalla en la **Figura N° 20**.

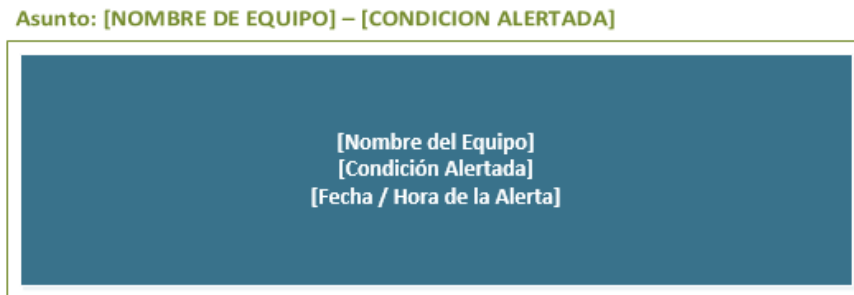
Figura 20: Diseño Funcional de Envío de Alertas y Notificaciones de Condiciones Anormales



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El formato para enviar las notificaciones debe considerar el siguiente diseño, según refiere la **Figura N° 21**.

Figura 21: Diseño de Correo de Alerta / Notificaciones



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.10. DISEÑO DE REPORTE DIARIO DE CUMPLIMIENTO DE KPIS (ÁREA 210): HU-2016-008

Debido a que la alta gerencia necesita tener una visión macro del proceso de planta, el área de control de proceso ha implementado en el sistema DCS, indicadores clave de rendimiento (KPI, Key Performance Indicator) que cumplen las siguientes características:

- Medibles
- Alcanzables
- Relevantes
- Disponibles a Tiempo

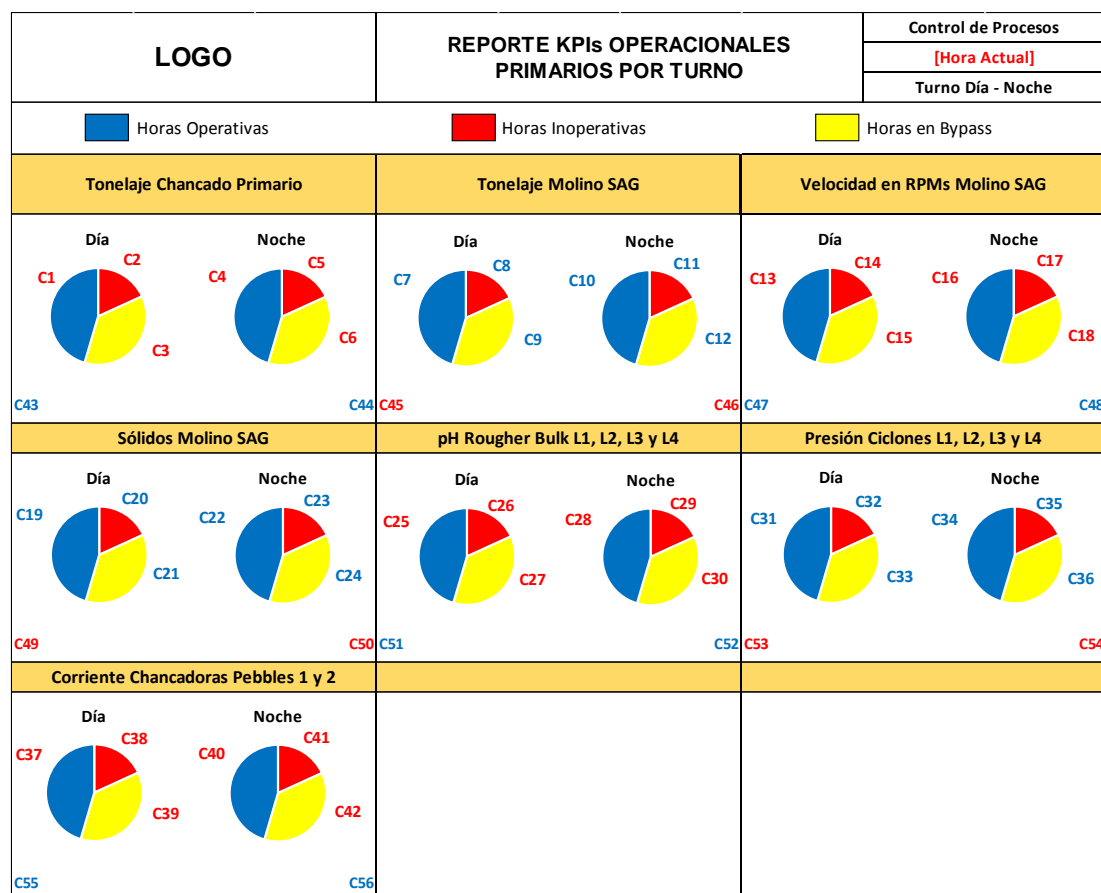
En resumen, estos indicadores muestran el grado de éxito del trabajo de cada área en un tiempo determinado, relacionado a los objetivos trazados por el Área de Procesos. Por consiguiente, se tiene a continuación el diseño del reporte citado:

Figura 22: Diseño del Reporte de Cumplimiento de KPIs Primarios

LOGO	REPORTE KPIs OPERACIONALES PRIMARIOS POR TURNO		Control de Procesos
			[Hora Actual]
			Turno Día - Noche
FECHA DE CONSULTA		HORA DE REPORTE	
DESCRIPCIÓN	RANGO	TURNO DÍA	TURNO NOCHE
% Cumplimiento Tonelaje CH Primario		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Tonelaje SAG		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Velocidad en RPMs M. SAG		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Sólidos M. SAG		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento pH Rougher L1		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento pH Rougher L2		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento pH Rougher L3		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento pH Rougher L4		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Presión Ciclones L1		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Presión Ciclones L2		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Presión Ciclones L3		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Presión Ciclones L4		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Corriente Pebbles 1		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
% Cumplimiento Corriente Pebbles 2		Resaltar < 70%	Resaltar < 70%
PROMEDIO KPIs			
Comentarios:			

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 23: Diseño del Reporte de Cumplimiento de KPIs Primarios



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

De la **Figura N° 23**, se evidencia que existen datos de Indicadores y Horas de cumplimiento que necesitan ser calculados, en la **Tabla N° 31** se muestra la forma de cálculo de cada uno de estos valores.

Tabla 31: Cálculos de KPIs Primarios y Horas de Operación

Ítem	Detalle	Calculo de KPI (%)	Tiempo Bypass	Tiempo de Funcionamiento (h)	Tiempo de Detención (h)
1	% Cumplimiento Tonelaje CH Primario	Tiempo que se mantuvo en el Turno el tonelaje de salida de la Chancadora Primario dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento

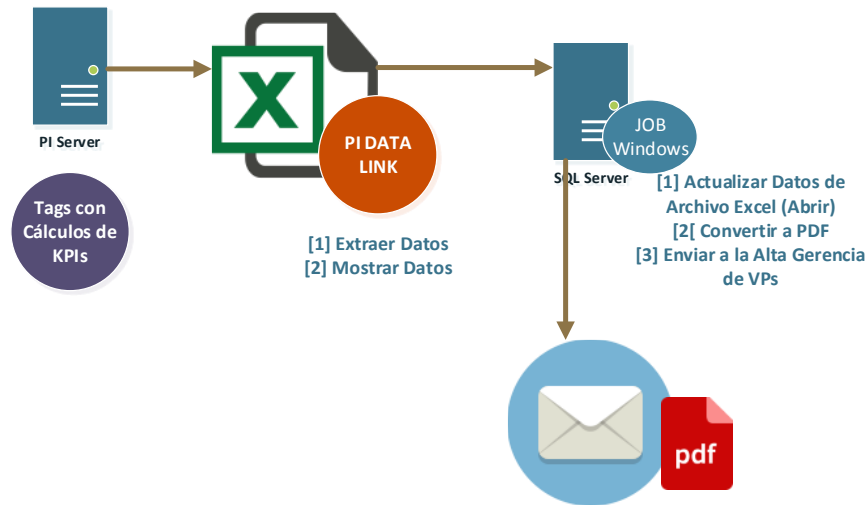
Ítem	Detalle	Calculo de KPI (%)	Tiempo Bypass	Tiempo de Funcionamiento (h)	Tiempo de Detención (h)
2	% Cumplimiento Tonelaje SAG	Tiempo que se mantuvo en el Turno el tonelaje de alimentación al Molino SAG dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
3	% Cumplimiento Velocidad en RPMs M. SAG	Tiempo que se mantuvo en el Turno la velocidad RPM del Molino SAG dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
4	% Cumplimiento Sólidos M. SAG	Tiempo que se mantuvo en el Turno el porcentaje de Solidos del Molino SAG dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
5	% Cumplimiento pH Rougher L1	Tiempo que se mantuvo en el Turno el PH en el Nido de Ciclones 1 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
6	% Cumplimiento pH Rougher L2	Tiempo que se mantuvo en el Turno el PH en el Nido de Ciclones 2 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
7	% Cumplimiento pH Rougher L3	Tiempo que se mantuvo en el Turno el PH en el Nido de Ciclones 3 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
8	% Cumplimiento pH Rougher L4	Tiempo que se mantuvo en el Turno el PH en el Nido de Ciclones 4 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
9	% Cumplimiento Presión Ciclones L1	Tiempo que se mantuvo en el Turno la presión en el Nido de Ciclones 1 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento

Ítem	Detalle	Calculo de KPI (%)	Tiempo Bypass	Tiempo de Funcionamiento (h)	Tiempo de Detención (h)
10	% Cumplimiento Presión Ciclones L2	Tiempo que se mantuvo en el Turno la presión en el Nido de Ciclones 2 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
11	% Cumplimiento Presión Ciclones L3	Tiempo que se mantuvo en el Turno la presión en el Nido de Ciclones 3 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
12	% Cumplimiento Presión Ciclones L4	Tiempo que se mantuvo en el Turno la presión en el Nido de Ciclones 4 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
13	% Cumplimiento Corriente Pebbles 1	Tiempo que se mantuvo en el Turno la corriente de la Chancadora Pebbles 1 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento
14	% Cumplimiento Corriente Pebbles 2	Tiempo que se mantuvo en el Turno la corriente de la Chancadora Pebbles 2 dentro del umbral normal.	Calcular el Tiempo de Bypass durante el turno	Calcular el tiempo de encendido del motor asociado durante el turno, restar le tiempo de Bypass.	De las 12 horas del turno, restar el tiempo del Bypass y Tiempo de Funcionamiento

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Finalmente, para la alta gerencia, se desarrolló un reporte automatizado del proceso de entrega que se detalla a continuación en la **Figura N° 24**.

Figura 24: Diseño de Entrega del Reporte de Cumplimiento KPIs



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.11. DISEÑO DEL REPORTE DIARIO DE OPERACIONES PLANTA (ÁREA 210): HU-2016-009

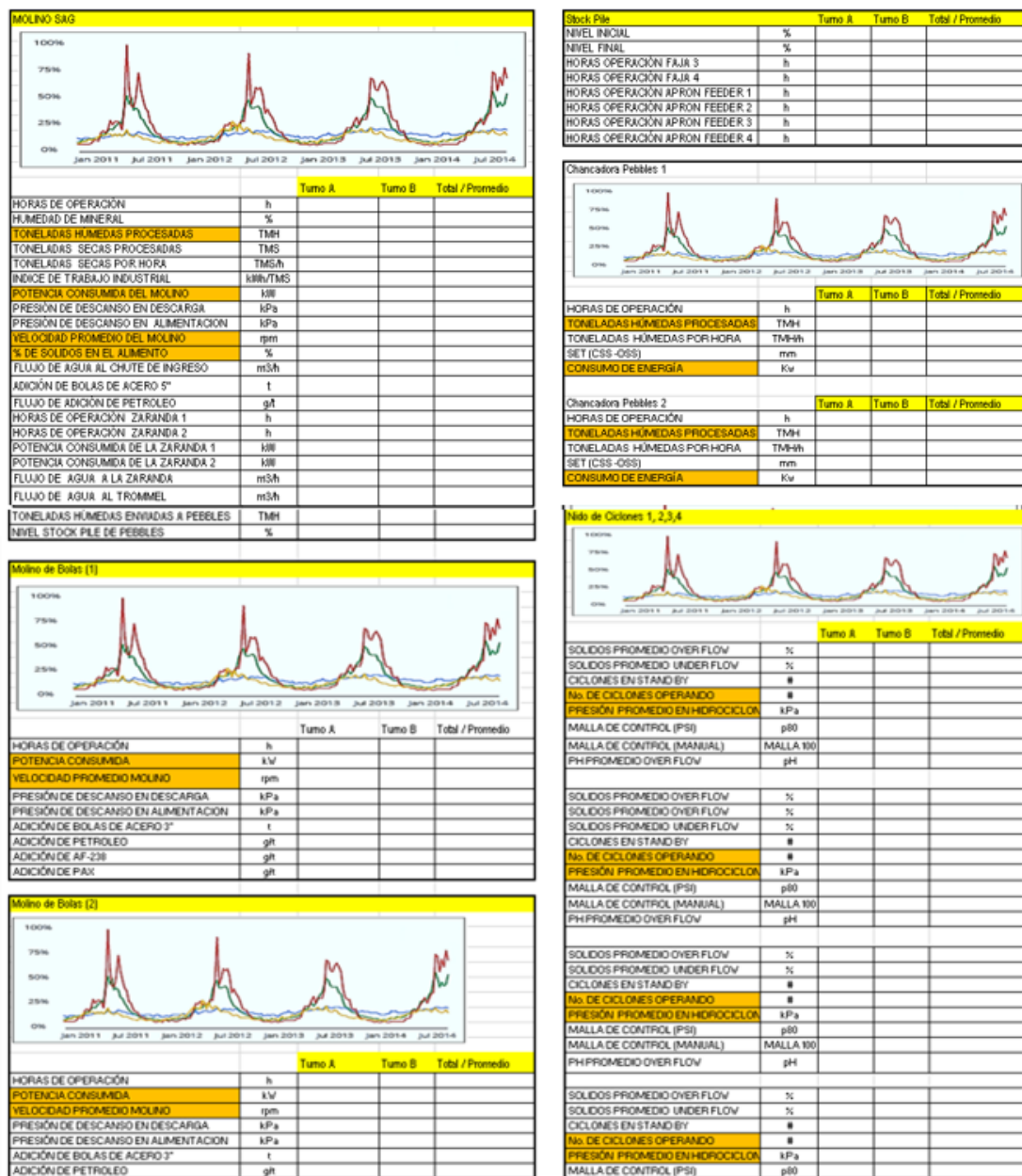
Con esta implementación se busca pasar de la complejidad a la simplicidad en el entendimiento del proceso de planta, solicitado en el requerimiento HU-2016-009, se logra mediante reportes que muestren el estado de salud de la planta de una forma sencilla, durante la jornada diaria, se utilizan los datos de señales críticas que influyen dentro del proceso.

En el presente reporte de operaciones de la planta concentradora, respecto al área 210 de Molienda, muestra la operatividad y comportamiento de los principales equipos durante los circuitos de la planta.

Figura 25: Diseño del Reporte de Operaciones Planta (Área 210)

REPORTE DIARIO DE OPERACIONES

Area: **Molienda**
Fecha: 01/01/2017



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

De la **Figura N° 25**, se denotan el listado de datos que deben ser presentados en las casillas por Turno A, Turno B y Total / Promedio los cuales se calculan en base a determinados tiempos, que se realizarán de forma local mediante el uso de la herramienta PI DATA LINK, los gráficos de tendencias mostrados emplean extracción de datos por PI DATA LINK, el manejo de gráficos de

Microsoft Excel se pueblan mediante el uso de Macros. En la **Tabla N° 32** se muestran la forma de cálculo y consideración de presentación de estos valores.

Tabla 32: Cálculos de Reporte Diario de Operaciones (Área 210)

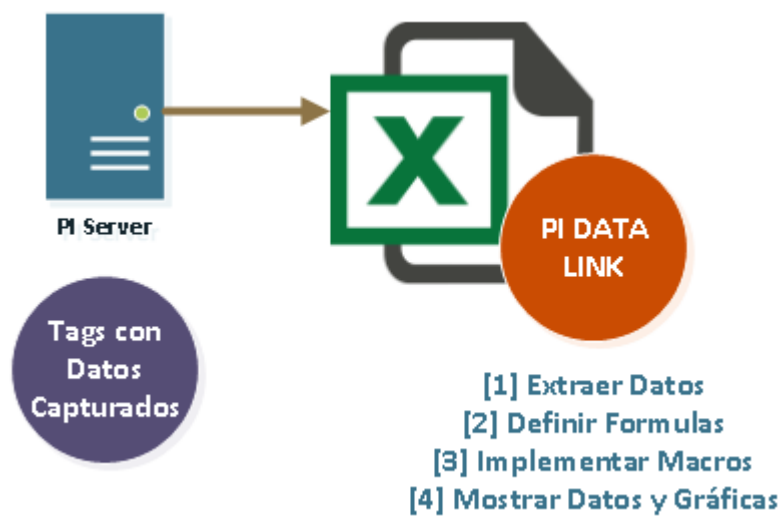
Ítem	Detalle	Forma de Calculo	Horario Inicio	Horario Fin
1	Turno A	Calcular el promedio de valores válidos durante el horario citado.	07:00 h	19:00 h
2	Turno B	Calcular el promedio de valores válidos durante el horario citado.	19:00 h	07:00 h (día siguiente)
3	Total	Acumulado total de valores válidos durante el horario citado.	07:00 h	07:00 h (día siguiente)
4	Promedio	Calcular el promedio de valores válidos durante el horario citado.	07:00 h	07:00 h (día siguiente)

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Considérese que los datos resaltados en naranja en la **Figura N° 25**, son aquellos que se deben mostrar en las gráficas de tendencias.

Por último, se necesita que este reporte se muestre en los equipos locales de los supervisores, por lo cual se necesita la implementación de las formulas e implementación de las macros en una plantilla de Excel, el proceso de diseño se detalla en la **Figura N° 26**.

Figura 26: Diseño de Carga del Reporte Diario de Operación (Área 210)




Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.12. DISEÑO DEL REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS (PLANTA): HU-2016-013

Este reporte busca mejorar el entendimiento del costo de la producción actual, para poder evaluar la rentabilidad de la empresa en el área de Procesos de forma diaria.

Figura 27: Diseño del Reporte Diario de Producción vs Costos (Datos)



CHINALCO

REPORTE DIARIO DE PLANTA DE PROCESOS

AL FECHA [DÍA]

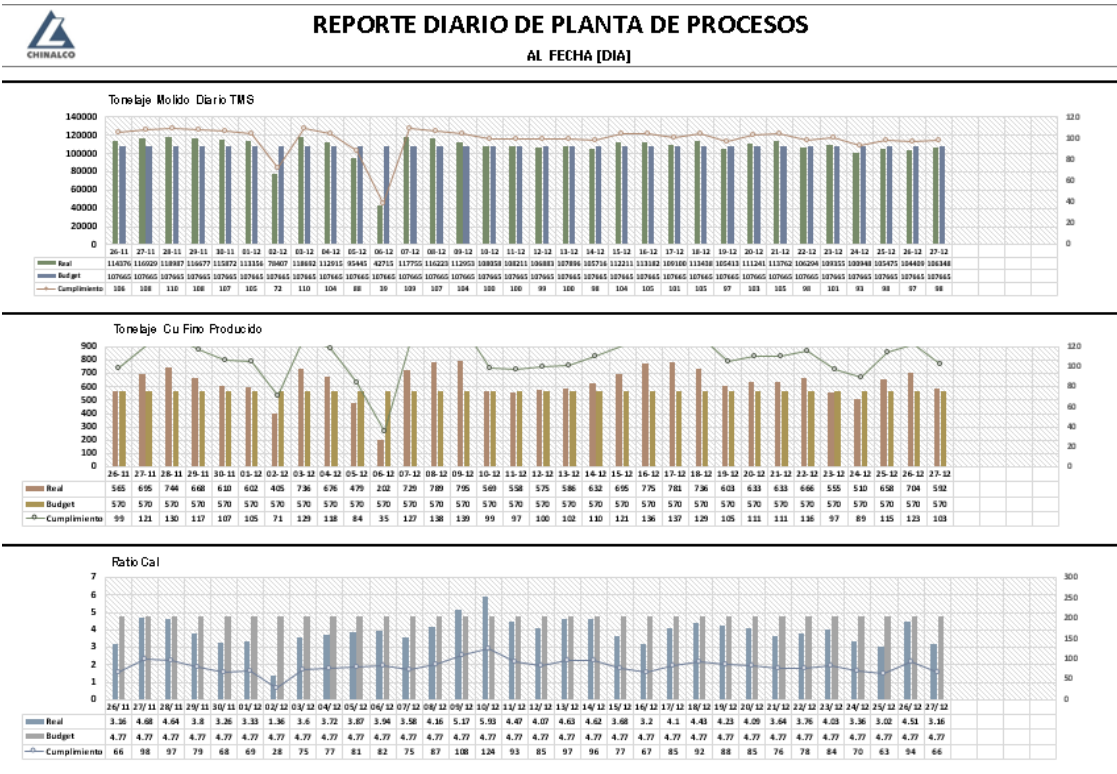
(INICIO PERIODO - FIN PERIODO)

F. Emisión:
FECHA DIA EMISION

	DÍA			MES			AÑO		
	Actual	Budget	Dif.	Actual	Budget	Dif.	Actual	Budget	Dif.
MOLINO SAG									
Tonelaje Molido Seco (T)									
Horas de Operación SAG (hs.)									
TMS Molienda (T/hs)									
CONCENTRADO PRODUCIDO									
Concentrado Cs (T)									
Ley Cs (%)									
Fino Cs (T)									
CONSUMOS / Ratios									
Cal (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 5.5" (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 5" (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 3" (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 2.5" (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 1.5" (T)									
Ratio (kg/T)									
Bolas 1" (T)									
Ratio (kg/T)									
Colector PAX (T)									
Ratio (kg/T)									
SuperFloc A100 (T)									
Ratio (kg/T)									
Magnaflow E10 (T)									
Ratio (kg/T)									
COSTOS									
Cal (\$)									
Bolas 5.5" (\$)									
Bolas 5" (\$)									
Bolas 3" (\$)									
Bolas 2.5" (\$)									
Bolas 1.5" (\$)									
Bolas 1" (\$)									
Colector PAX (\$)									
SuperFloc A100 (\$)									
Magnaflow E10 (\$)									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <p>Total Costo - Planta de Procesos (\$)</p> <p>Costo (US\$/tm)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> <div style="text-align: center; font-size: small;"> (") Labor & Energía Estimada" </div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px;"></div> <div style="text-align: center; font-size: small;"> (") Labor & Energía Estimada" </div> </div>									

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 28: Diseño del Reporte Diario de Producción vs Costos (Tendencias)



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

De la **Figura N° 27**, se denotan 4 grupos de datos que deben ser presentados en las casillas por Valores Diarios, Mensuales y Anuales, considerando en cada cuadro el valor real, el estimado (Budget) y el porcentaje de cumplimiento en base a los dos datos antes mencionados. A continuación, en la **Tabla N° 33** se muestra la forma de obtención y cálculos de estos 4 grupos:

Tabla 33: Cálculos de Reporte Diario de Producción vs Costos (Área 210)

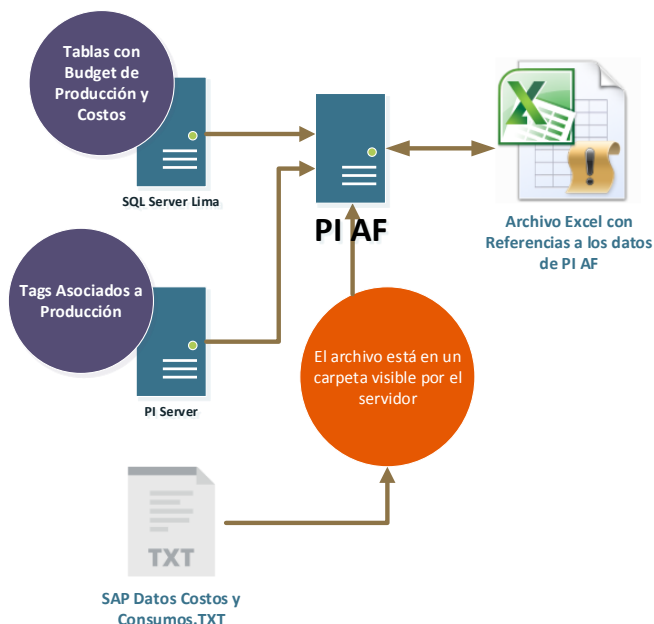
Ítem	Detalle	Origen de Datos	Comentarios
Grupo 1	MOLINO SAG	Los datos de valores reales son extraídos del PI SYSTEM, y los valores estimados (Budget) son extraídos de la base de datos SQL de Budget de Producción y Costos.	El valor del cumplimiento es la división entre el Valor real y el valor estimado.
Grupo 2	Concentrado Producido	Los datos de valores reales son extraídos del PI SYSTEM, y los valores estimados (Budget) son extraídos de la	El valor del cumplimiento es la división entre el Valor real y el valor estimado.

Ítem	Detalle	Origen de Datos	Comentarios
		base de datos SQL de Budget de Producción y Costos.	
Grupo 3	Consumos Ratios	Los consumos reales son extraídos del sistema SAP, los cuales de forma diaria y automática son generados en un archivo de texto plano, y los valores estimados (Budget) son extraídos de la base de datos SQL de Budget de Producción y Costos.	El valor del cumplimiento es la división entre el Valor real y el valor estimado.
Grupo 4	Costos	Los costos reales son extraídos del sistema SAP, los cuales de forma diaria y automática son generados en un archivo de texto plano, y los valores estimados (Budget) son extraídos de la base de datos SQL de Budget de Producción y Costos.	El valor del cumplimiento es la división entre el Valor real y el valor estimado.

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Por lo que se denota en la **Tabla N° 33**, debido a que los orígenes de los datos son diferentes, se ve por conveniente centralizar este reporte en PI SYSTEM, mediante la herramienta PI AF ya que soporta orígenes de datos como tablas de SQL Server y archivos de texto plano, para luego plasmarlas en un documento Excel, debido a que se requiere ciertas graficas al final del diseño, según se muestra en la **Figura N° 29**.

Figura 29: Diseño de Reporte Diario de Producción vs Costos con fuentes de Datos de Texto Plano, SQL Server y PI System en PI AF

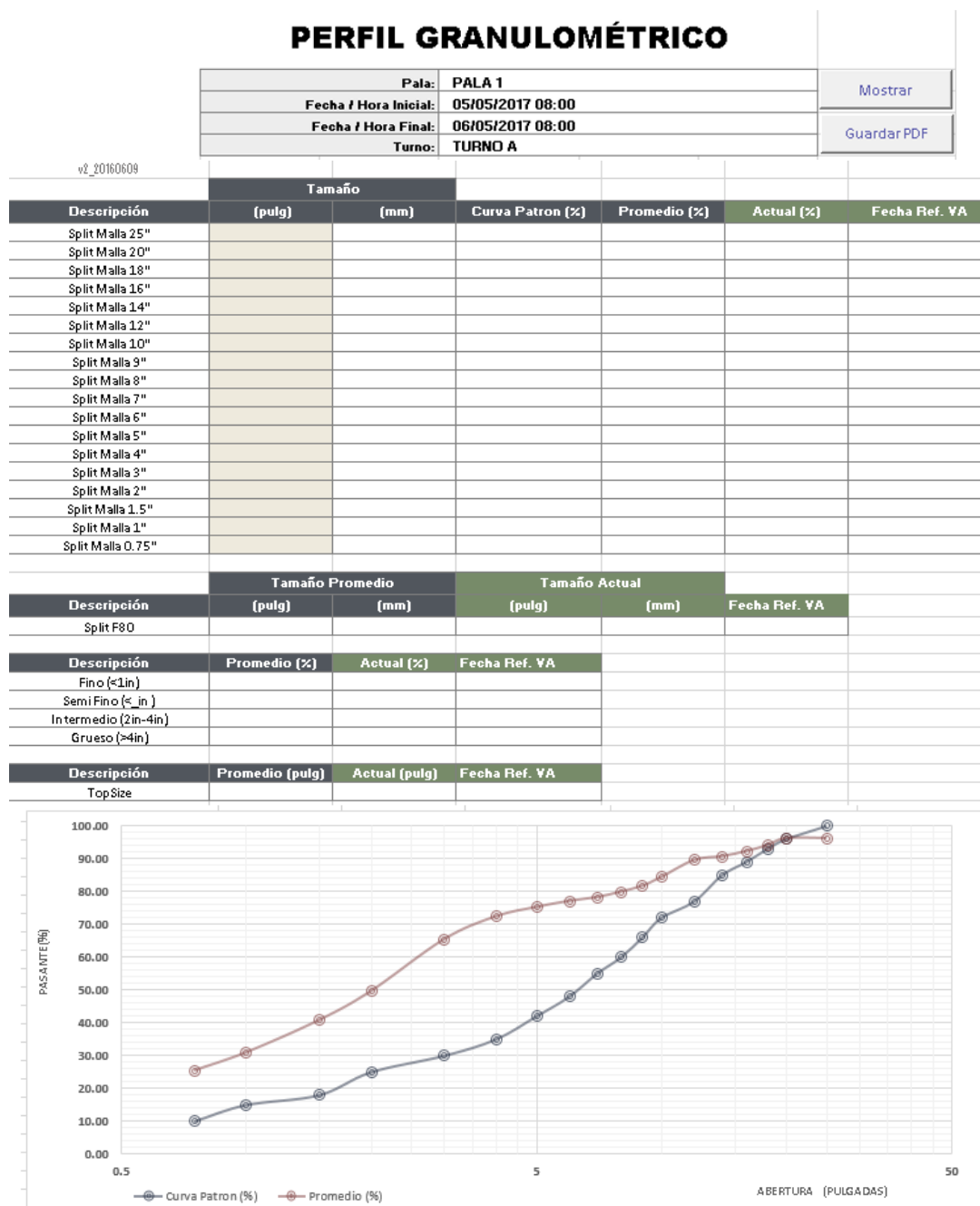


Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

4.3.13. DISEÑO DEL REPORTE POR PERIODO DE PERFIL GRANULOMÉTRICO (SPLIT ONLINE): HU-2016-012

Este reporte busca mejorar el entendimiento de los perfiles granulométricos capturados por el sistema de SPLIT ONLINE de las Palas 1 y 2, en el área de mina, durante la jornada diaria y asimismo durante un periodo completo (mes).

Figura 30: Diseño del Reporte por Periodo de Split Online Pala 1, 2 - Área Mina



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

De la **Figura N° 30**, se denotan el listado de datos que deben ser presentados en las casillas por Tamaño Promedio, Curva Patrón, Promedio y Valores Actuales los cuales deben ser calculados en base a los parámetros indicados en la casilla inicial de Pala, Fecha Inicial, Fecha Final y Turno, asimismo los

gráficos de tendencias mostrados son datos que tiene origen en PI DATA LINK. A continuación, en la **Tabla N° 34** se muestran la forma de cálculo y consideración de presentación de estos valores.

Tabla 34: Cálculos de Reporte por Periodo de Split Online Pala 1, 2 - Área Mina

Ítem	Detalle	Forma de Cálculo	Turno A	Turno B
1	Tamaño Promedio	Calcular el promedio del valor indicado durante el rango de fechas ingresado, y el valor del turno, si no se especificase obviar las horas de inicio y fin del siguiente cuadro.	07:00 h 19:00 h	19:00 h 07:00 h (*) (*) Día siguiente
2	Curva Patrón	Es el valor porcentual en base al total del tamaño acumulado en todas las medidas indicadas.		
3	Promedio	Es el promedio del valor ponderado que el equipo sondea sobre la muestra durante el rango de fechas ingresado, y el valor del turno, si no se especificase obviar las horas de inicio y fin del siguiente cuadro.	07:00 h 19:00 h	19:00 h 07:00 h (*) (*) Día siguiente
4	Valores Actuales	Son los valores actuales que el equipo se encuentra leyendo, son valores referenciales que sirven para verificar los datos calculados.		

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

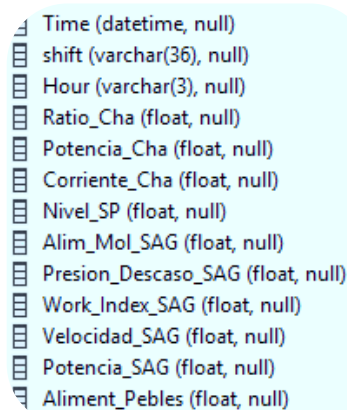
Considérese que se han creado dos botones:

- Botón Mostrar: Para poblar los datos una vez ingresado todos los parámetros del reporte.
- Botón Guardar PDF: Para exportar el reporte a un archivo PDF.

4.3.14. DISEÑO DE VISTAS SQL SERVER SOBRE DATOS DE PLANTA (PI SYSTEM): HU-2016-011

Se tiene a bien desarrollar un esquema de las tablas mapeadas en PI SYSTEM e identificarlas para crear la vista en SQL desde un Linked Server que se identifica en la **Figura N° 31**, siguiendo el flujograma de la **Figura N° 32**.

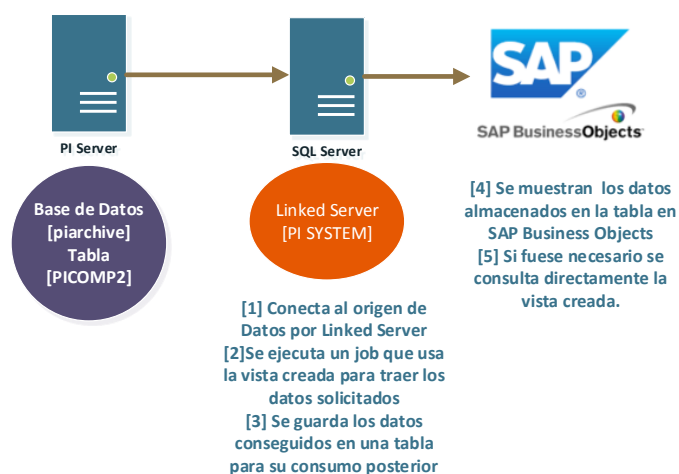
Figura 31: Datos a Mostrar en Vista en SQL Server desde PI System



- Time (datetime, null)
- shift (varchar(36), null)
- Hour (varchar(3), null)
- Ratio_Cha (float, null)
- Potencia_Cha (float, null)
- Corriente_Cha (float, null)
- Nivel_SP (float, null)
- Alim_Mol_SAG (float, null)
- Presion_Descaso_SAG (float, null)
- Work_Index_SAG (float, null)
- Velocidad_SAG (float, null)
- Potencia_SAG (float, null)
- Aliment_Pebles (float, null)

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 32: Flujograma para generar Vista SQL Server desde PI System



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

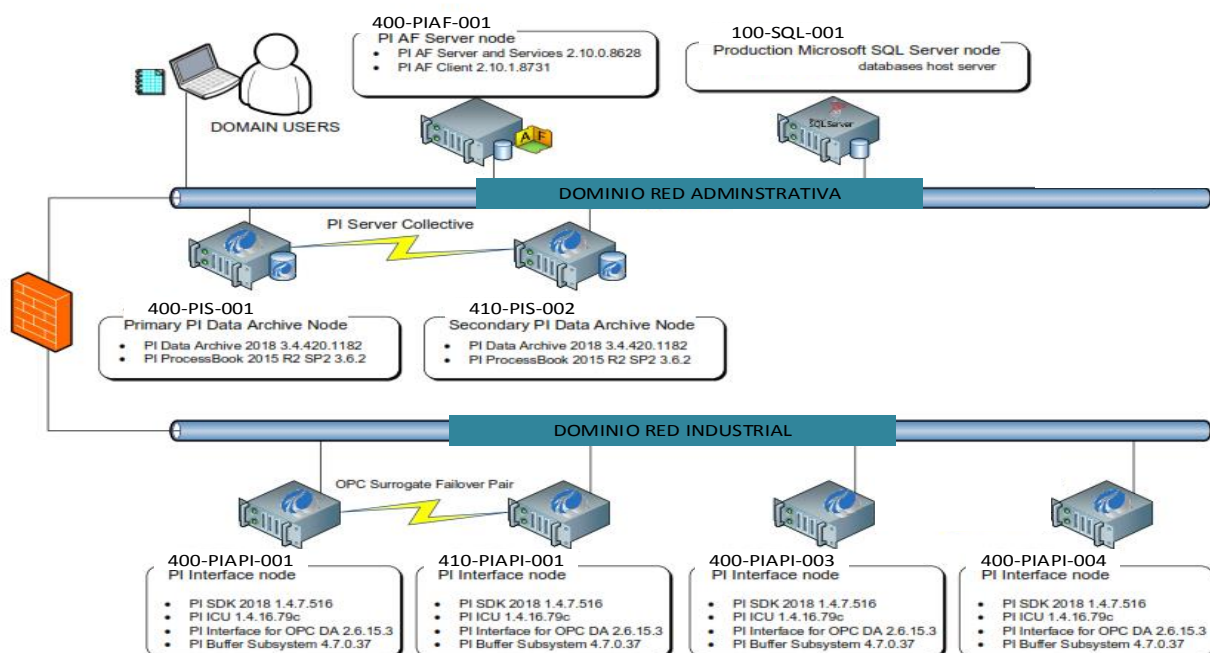
CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

5.1. CONSTRUCCIÓN

5.1.1. IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE SERVIDORES: HU-2016-002

Para la presente tesis, se han implementado todos los servidores requeridos, en la Figura N° 33 se detallan todos los servidores y software instalado en dichos equipos.

Figura 33: Arquitectura de los Servidores Implantados

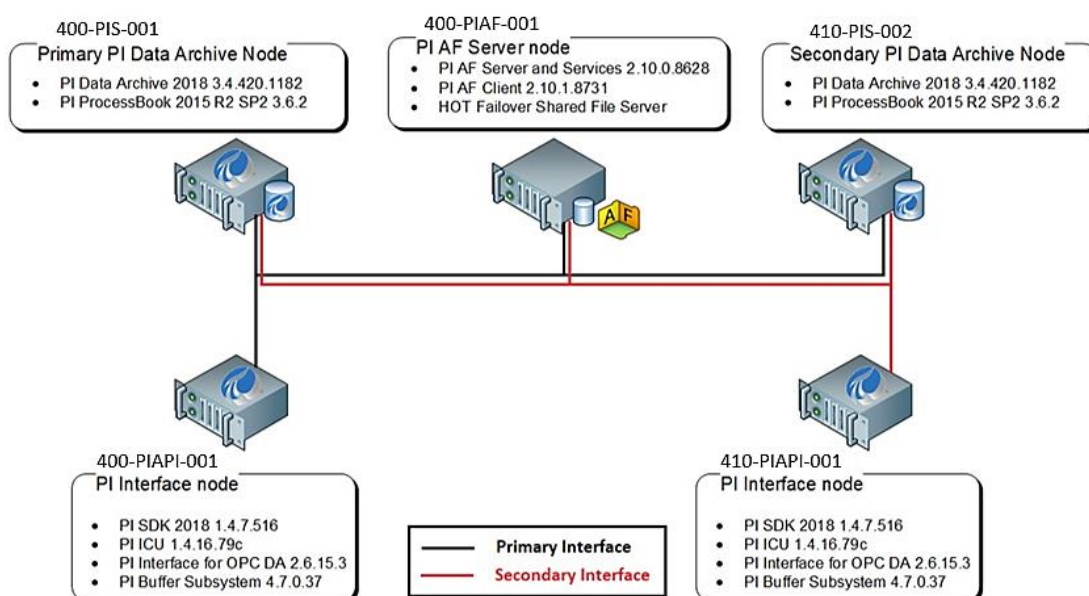


Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

5.1.1.1. Configuración de Alta Disponibilidad: NF-2016-004

La configuración debe tomar en cuenta que los servidores de PI DATA ARCHIVE trabajen en Modo Colectivo y de la misma forma se tenga habilitado el Modo FAILOVER en los servidores de Interfaces asociados a la colección de datos en la interfaz de OPCSG, según se muestra en la **Figura N° 34**.

Figura 34: Arquitectura de Alta Disponibilidad: PI Collective & Failover



Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

5.1.1.2. Configuración de PI Interfaces para Colectar Datos: HU-2016-001

Las interfaces capturan datos desde los OPC Server citados en el Anexo 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS, su configuración se ha dado según se muestra en la Tabla N° 35, y se ha procedido a continuar con similar configuración en el resto de los servidores.

Tabla 35: Configuración del Servidor de Interfaces 400-PIAPI-001

Interfaces - 400-PIAPI-001: OPCInt1	
Detalle del Servidor	
Dominio	RedIndustrial.Local
FQDN	400-PIAPI-001.RedIndustrial.Local
Sistema Operativo	Windows Server 2012 R2 Standard
Data Center	Planta
Instalación	
Ruta de Instalación	D:\Program Files (x86)\PIPC\Interfaces\OPCInt\
Versión	2.6.15.3
OPCInt1.bat	
Configuración	
Configuración Actual	"d:\Program Files (x86)\PIPC\Interfaces\OPCInt\OPCInt.exe" 1 /AF=N /AM=800 /AR=Y /DA=CONNECT /DI=IDENTIFY /DB=4 /ER=000:00:01 /ES=CACHE /GL=Y /GS=Y /IF=N /IS=N /IT=N /MA=N /NT=N /SERVER=800-OPCSG-001::ABB.OPCSG.Com2 /SQ=I /TS=Y /VN=2 /AG=Advise /PG=Poll /EG=Event /OU=Write /PS=OPCSG /ID=1 /host=400/PIS/001:5450 /pisdsk=0 /maxstoptime=120 /PercentUp=100 /sio /perf=8 /UFO_SYNC="\\10.10.10.40\Interface Failover\OPCInt_OPCSG_1.dat" /UFO_TYPE=HOT /UFO_ID=1 /UFO_OtherID=2 /f=00:00:01 /f=00:00:05 /f=00:00:10 /f=00:00:15 /f=00:00:02 /f=00:00:11 /f=00:00:31 /f=00:01:01
Nombre del Ejecutable Usado	OPCInt.exe
Servidor Primario de Archivos	400/PIS/001
Interface ID	1
Nombre Point Source	OPCSG
Failover	
Failover Configurado	True
Failover ID	1
Failover Archivo de Sincronización	\\10.10.10.40\Interface Failover\OPCInt_OPCSG_1.dat
Failover Tipo	HOT
Failover ID Secundario	2
Configuración del Servicio	
Dependencia	pibufss
Usuario de Servicio	RedIndustrial\UsuarioServicio
Nombre del Servicio	OPCInt1
Modo de inicio del servicio	Auto

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

5.1.1.3. Configuración de PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003

Los servidores asociados al PI DATA ARCHIVE tienen como finalidad almacenar los datos capturados por las interfaces desde

los OPC Server listados en el **Anexo 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS**, dichos datos son agrupados en base a nombres de Tags y almacenados secuencialmente en base a series de tiempo, informados en el **Anexo 12: LISTADO DE INSTRUMENTS TAGS A CREAR EN PI SYSTEM**, los parámetros de configuración usado para uno de los servidores se detalla en la **Tabla N° 36**, considérese que similar configuración se usó para el servidor secundario.

Tabla 36: Configuración del Servidor de Data Archive 400-PIS-001

Data Archive Primario - 400-PIS-001	
Detalle del Servidor	
Dominio	RedAdministrativa.Local
FQDN	400-PIS-001.RedAdministrativa.Local
Sistema Operativo	Windows Server 2012 R2 Standard
Data Center	Planta
PI DATA COLLECTIVE	
Instalación	
Ruta de Instalación	D:\Program Files (x86)\PIPC\CollectiveManager
Versión	1.4.1.11
Configuración Modo Colectivo	
Nombre Modo Colectivo	000-PI-001
Servidores Asociados al MC	400-PIS-001, 410-PIS-002
PI DATA ARCHIVE	
Instalación	
Versión	3.4.420.1182
Ruta de Instalación	D:\Program Files\PI\
Ruta de Archivos	D:\PI Archives\
Seguridad General de la Base de Datos	
PIAFLINK	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIARCAADMIN	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIARCDATA	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIAUDIT	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIBACKUP	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIBatch	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PIBATCHLEGACY	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PICampaign	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PIDBSEC	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PICoresigth: A(r) PIWorld: A(r)"
PIDS	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PIHeadingSets	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PIMAPPING	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PICoresigth: A(r) PIWorld: A()"
PIModules	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PIMSGSS	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(w)"
PIPOINT	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PICoresigth: A(r) PIWorld: A(r)"

PIReplication	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PITransferRecords	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A(r)"
PITRUST	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PITUNING	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PIWorld: A()"
PIUSER	"piadmin: A(r,w) piadmins: A(r,w) PICoresigth: A(r) PIWorld: A(r)"
Entradas de Seguridad	
Grupos	Piadmins, piusers, pimetalurgia
Identidades	PICoresigth;PIEngineers;PIOperators;PISupervisors;PIWorld
Usuarios PI	Pi_admin, pi_read
Cuentas Vinculadas del Directorio Activo (AD) del Dominio Administrativo	
pi_read	RedAdministrativa.Local\G_USUARIOS_PI_SYSTEM
pi_admin	RedAdministrativa.Local\G_ADMIN_PI_SYSTEM

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

En la tabla anterior denótese que la configuración de cuentas vinculadas del Directorio activo es aplicada según la **Tabla N° 14**.

Listado de Grupos a definir en el Directorio Activo.

5.1.1.4. Creación de los Tags en el PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-004, NF-2016-002

Se debe considerar para la creación de los tags los siguientes campos obligatorios, que se detallan en la **Tabla N° 37**.

Tabla 37: Detalle de Campos Obligatorios para la Creación de Tags

Detalle de Campos Obligatorios para la creación Tags	
Tag	[Nombre del Tag]
Descripción	[Descripción Detallada del Tag]
Historizar Dato	Si No
Tipo De Datos	Digital Int Float32 Float64 String Date & Time
UOM	Unidad de Medida
Cero (Z)	Valor Cero del Tag
Span (S)	Rango nominal del límite del Tag
Cantidad de Decimales	Numero de Decimales que contendrá la variable en el caso de Ser Float32 o Float64
Escala	Valor por el cual debe ser multiplicado la variable.
Tiempo de Captura	1s 5s

	10s 60s (Para algunas interfaces estos tiempos varían, revisar el documento de configuración de interfaces)
Nodo de Captura	Nombre del nodo declarado en las interfaces de captura.
Excepción	Informado en el diseño para cada tipo de Tag.

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

El valor de la excepción ha sido tipificado para las señales analógicas, y debe basarse en la Tabla N° 15. Listado de valores para el parámetro de excepción.

Para el nombre de Tag se debe considerar el Diseño de Estructura de nombres de tags según el estándar ANSI/ISA-5.1-2009, que deriva del requerimiento no funcional: NF-2016-002.

Todos estos Tags fueron informados por el área de procesos en el Anexo 12: LISTADO DE INSTRUMENTS TAGS A CREAR EN PI SYSTEM.

Por lo cual solo se procedió a llevar este listado a un formato de Microsoft Excel 2013, para ser inscrito masivamente en el Data Archive de PI SYSTEM.

5.1.1.5. Configuración de PI Asset Framework: HU-2016-007

El servidor de PI AF (Asset Framework) cumple la función de presentar los datos registrados en los servidores de PI DATA ARCHIVE de manera más ordenada y comprensible para los usuarios, este servidor fue implementando según se detalla en la Tabla N° 38.

Tabla 38: Configuración del Servidor de Asset Framework 400-PIAF-001

Asset Framework Server - 400-PIS-001	
Detalle del Servidor	
Dominio	RedAdministrativa.Local
FQDN	400-PIAF-001.RedAdministrativa.Local
Sistema Operativo	Windows Server 2012 R2 Standard
Data Center	Planta
PI AF SERVER	
Instalación	

Ruta de Instalación	D:\Program Files\PIPC\AF\
Versión	2.10.1.8731
Configuración Conexión a Base de Datos	
Cadena de Conexión	Persist Security Info=False;Integrated Security=SSPI;server=100-SQL-001\PLT01;database=PIFD; Application Name=AF Application Server;
Nombre de Base de Datos	PIFD
Instancia	100-SQL-001\PLT01
Seguridad	SSPI
Puerto de Salida	5459

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

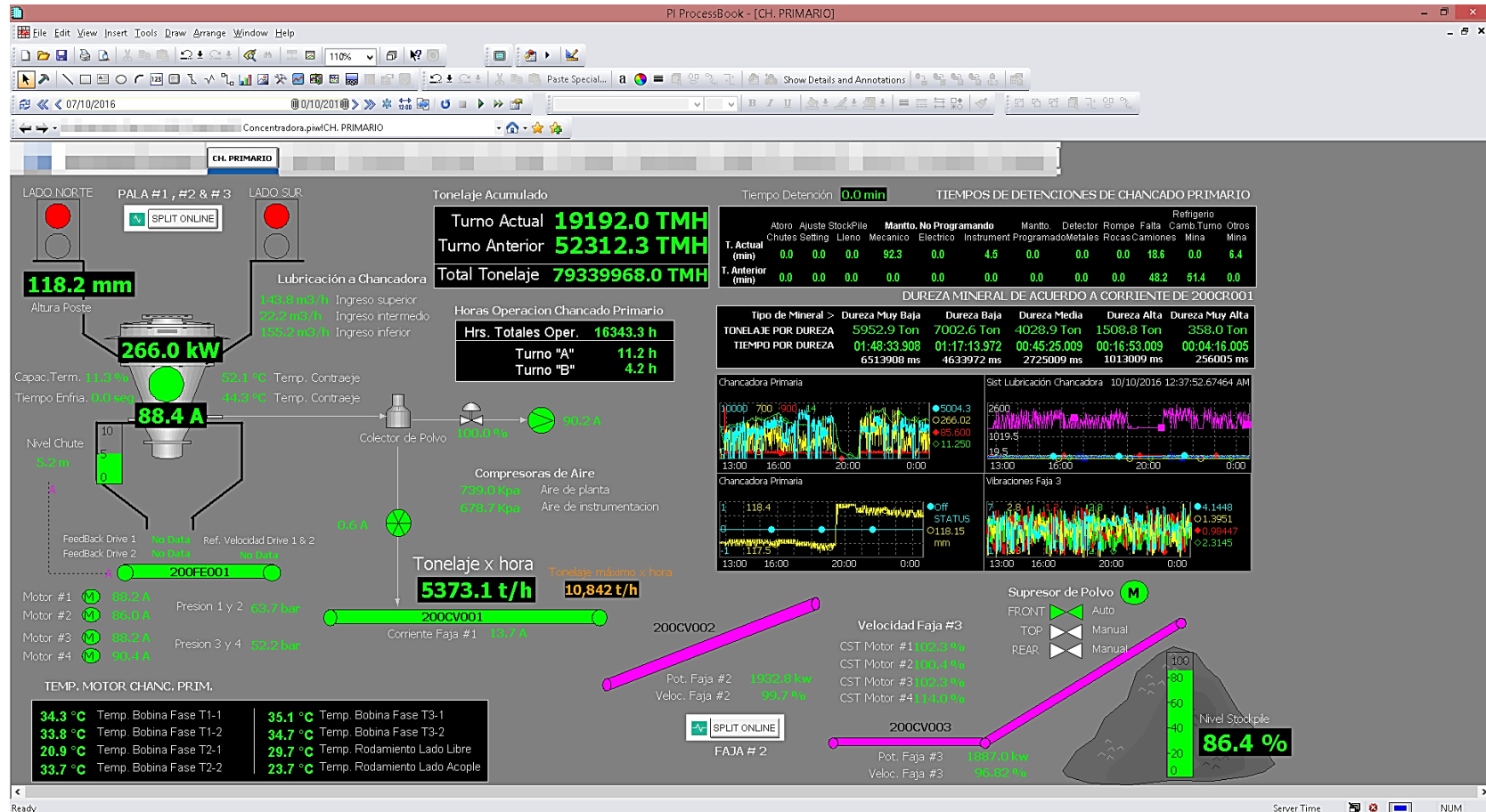
5.1.2. DESARROLLO DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO: HU-2016-005

Se desarrollaron 6 pantallas de control y monitoreo, las cuales fueron diseñadas en base a las pantallas principales del System 800xa que se usan actualmente en la operación, considérese que la pantalla de Flotación Bulk y Espesador Cu se unieron por contener varios equipos relacionados, estas pantallas han sido desarrolladas en PI PROCESSBOOK y han sido mejoradas con programación de macros VBA bajo las consideraciones estipuladas por los usuarios, centralizadas en una carpeta pública y publicada en los servidores Citrix para su uso masivo en la nube.

A continuación, se presenta una pantalla desplegada para el Área 210 de Chancado, de la misma manera se hizo el desarrollo para las 5 pantallas restantes.

5.1.2.1. Pantalla de Chancado (Área 200):

Figura 35: Pantalla de Chancado (Área 200) en PI Processbook



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015: Pantalla de Chancado

5.1.3. DESARROLLO DE PANTALLAS DE RESET DE HORÓMETROS (METALURGIA): HU-2016-006

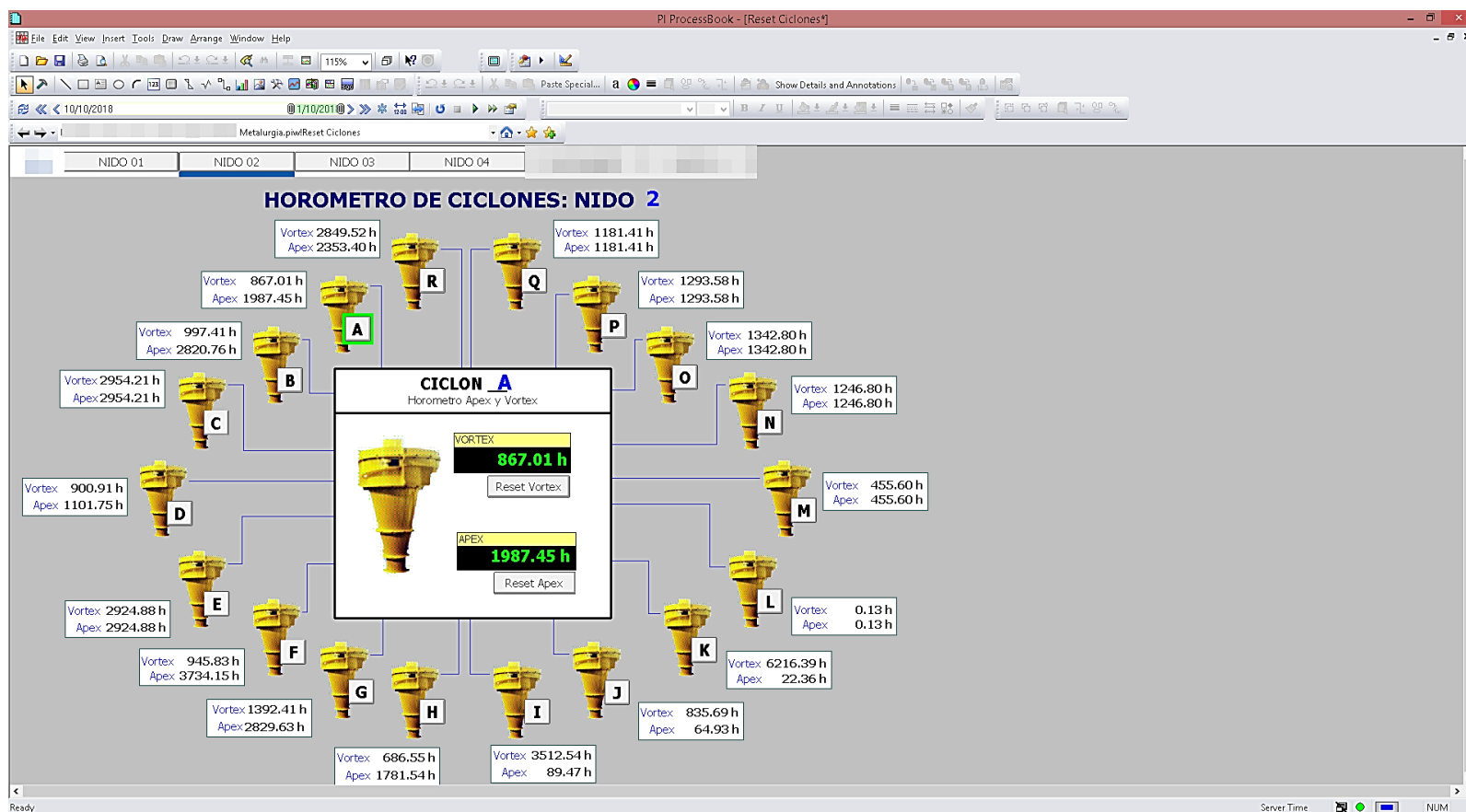
Se desarrollaron 2 pantallas en base a los requerimientos del área de Metalurgia, para poder manipular directamente los horómetros de los 72 Ciclones (Vortex/Apex) de los 4 Nidos del área de molienda y los horómetros del Estator, Rotor y Difusor de los 28 Tanques de Flotación Rougher, estos libros han sido desarrollados en PI PROCESSBOOK apoyado de programación en macros VBA para la dinamización de los botones creados bajo las consideraciones estipuladas por los usuarios, centralizadas en una carpeta publica y publicada en los servidores Citrix para su uso masivo en la nube.

En este desarrollo, existe una consideración especial, la cual es que se ha creado un grupo de seguridad en el PI Server para asociar un listado de usuarios autorizados del área de Metalurgia, para que puedan sobrescribir determinados tags.

A continuación, se presenta una de las pantallas desarrolladas:

5.1.3.1. Pantalla de Reset de Horómetros de Nido Ciclones 1-4 (Apex / Vortex)

Figura 36: Pantalla de Reset de Horómetros de Nido de Ciclones 1-4 (Apex/Vortex) en PI Processbook



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015: Pantalla de Reset de Horómetros

5.1.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ÁRBOL DE ACTIVOS EN PI AF: HU-2016-007

Para tener un modelo de gestión sencillo, de fácil comprensión para cualquier trabajador de la compañía minera, se ha creado la siguiente estructura para Activos en el utilitario de PI AF (Asset Framework).

5.1.4.1. Carga de Estructura de Equipos Implementados: HU-2016-007

Basados en la arquitectura sugerida por Hatch, según se indica en la Figura N° 17, se ha considerado seguir 5 niveles para esta implementación:

- Unidad: Lugar o Ubicación Geográfica
- Área: Sector específico de la planta.
- Equipo Padre: Está conformado por equipos padres que organizadas y relacionadas interactúan entre sí.
- Sistema de Equipo: Es un grupo de componentes menores que cumplen una función específica.
- Componente: Parque del equipo padre, el cual contiene atributos (elementos) siendo el nivel donde se asociarán los tags.

En la **Figura N° 37**, se detalla la implementación realizada para la compañía, considérese que el Ítem 4 (Sistema de Equipo) puede decantar en un subnivel para ciertos casos.

Figura 37: Estructura de PI AF Implementado

The screenshot displays the PI System Explorer 2016 interface. The title bar shows the path: \\400-PIAFN-001\Toromocho - PI System Explorer. The interface is divided into three main sections:

- Left Panel (Tree View):** Displays a hierarchical structure of elements. A red arrow labeled '2' points to the 'Elements' folder. A blue arrow labeled '3' points to a specific element. A black arrow labeled '4' points to a sub-element.
- Central Panel (Table):** Displays a table of elements. A yellow arrow labeled '5' points to a specific row in the table.
- Right Panel (Properties and Settings):** Displays the properties and settings for the selected element. It includes fields for Name, Description, Properties, Categories, Default UOM, Value Type, Value, Data Reference, and Display Digits. A 'Settings...' button is also present.

The table in the central panel contains the following data:

Name	Value
Sensor humedad Der. Inferior	25.153
Sensor humedad Der. Superior	29.831
Sensor humedad Izq. Inferior	25.42
Sensor humedad Izq. Superior	26.769
Temp. Agua caliente lado derecho	10.776
Temp. Agua caliente lado izquierdo	11.106
Temp. Agua fria lado derecho	8.0568
Temp. Agua fria lado izquierdo	7.7684
Temp. aire frio lado derecho	16.791
Temp. aire frio lado izquierdo	17.718

The right panel shows the following properties for the selected element:

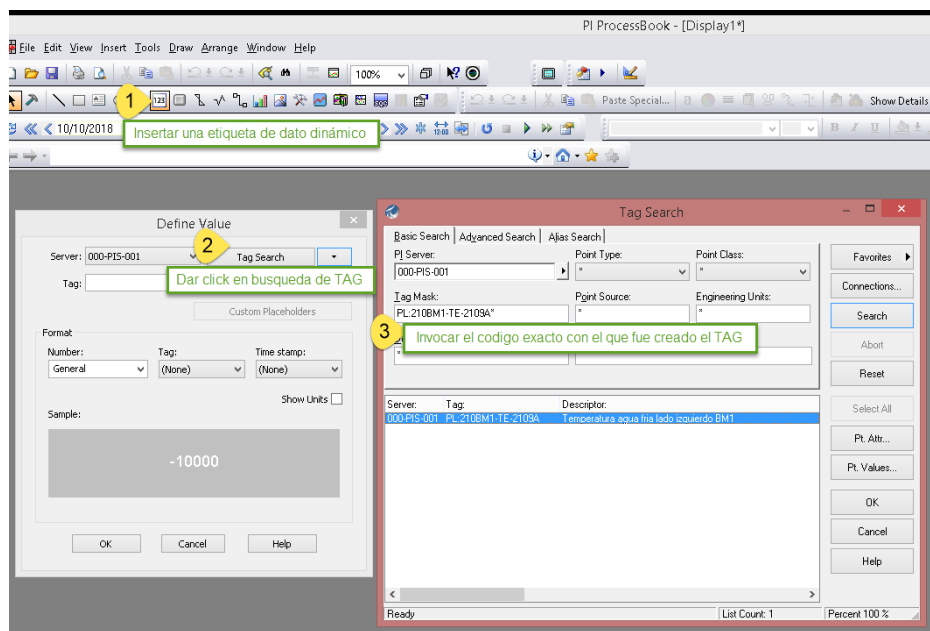
- Name: Temp. Agua fria lado izquierdo
- Description:
- Properties: <None>
- Categories:
- Default UOM: <None>
- Value Type: Single
- Value: 7.7546
- Data Reference: PI Point
- Display Digits: -5

The 'Settings...' button is located below the properties. The path \\000-PI5-001\PL:210BM1-TE-2109A is displayed at the bottom of the right panel.

Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

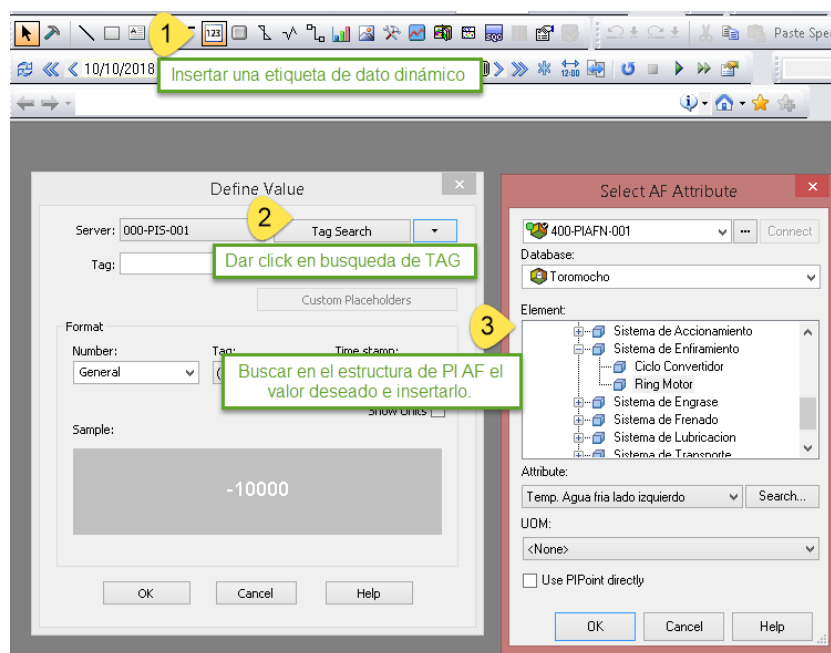
En las **Figuras N° 38 y 39**, se pueden evidenciar que es más fácil para un usuario no relacionado al uso de los códigos internos de equipos poder encontrar una variable con la ayuda de la estructura creada en PI AF.

Figura 38: Extracción de Datos Usando Datos desde PI Data Archive



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Figura 39: Extracción de Datos Usando Datos desde PI AF



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

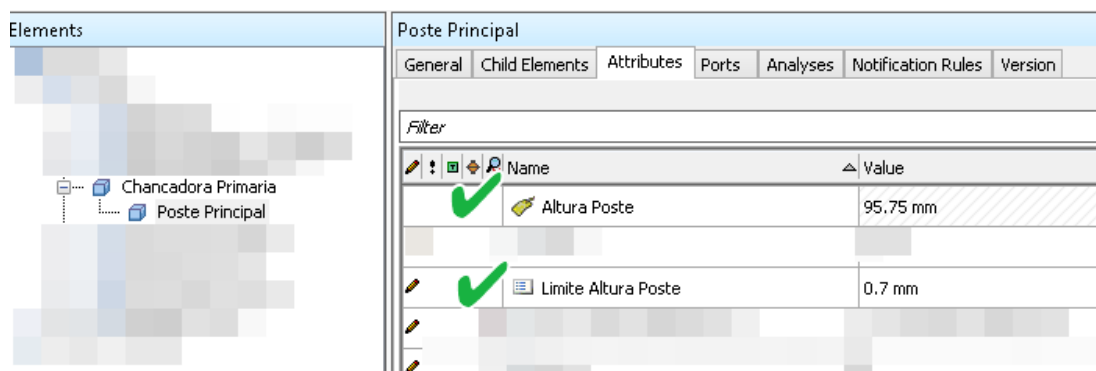
5.1.4.2. Implementación de Alertas y Notificaciones por Correo: HU-2016-010

Se han creado las condiciones para que se lancen las alertas y notificaciones de equipos críticos en condiciones anormales mediante el uso de la herramienta PI Notification que pertenece al PI AF, en base a la estructura creada anteriormente, según se indica en el **Anexo 18: LISTADO DE ALERTAS / NOTIFICACIONES DE SEÑALES CRÍTICAS**.

En este punto, se detallará la creación de una alerta:

- Identificar los atributos del equipo donde se desea implementar la alerta o notificación.

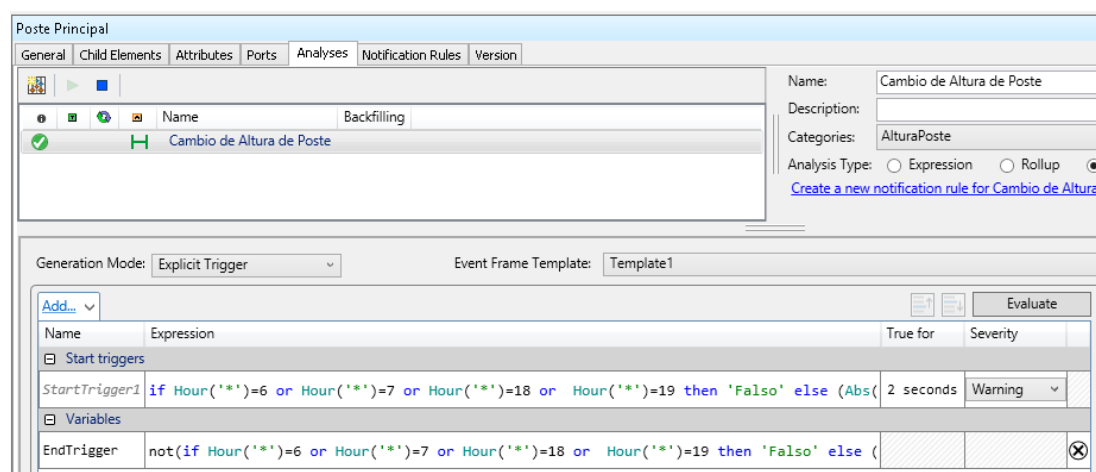
Figura 40: Atributos en PI AF del Equipo de Chancadora Primaria



Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

- Crear el análisis para indicar cuando se inicia la condición atípica, y cuando debe concluir, quedando registro de ello.

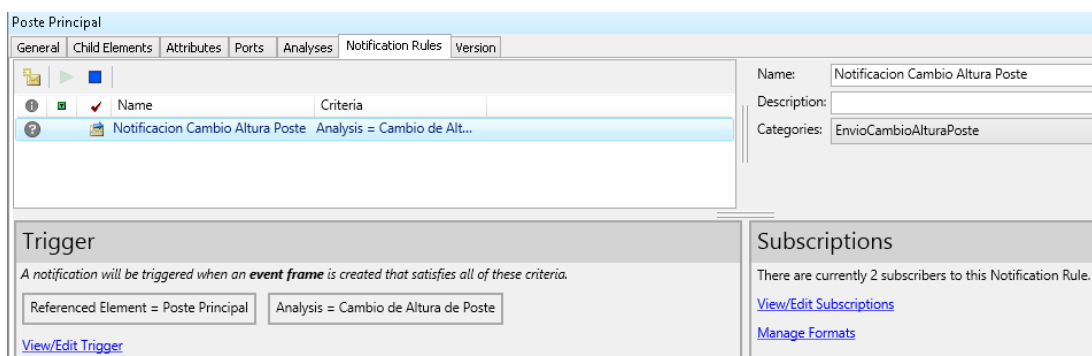
Figura 41: Análisis en PI AF de Cambio de Altura de Poste del Equipo de Chancadora Primaria



Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

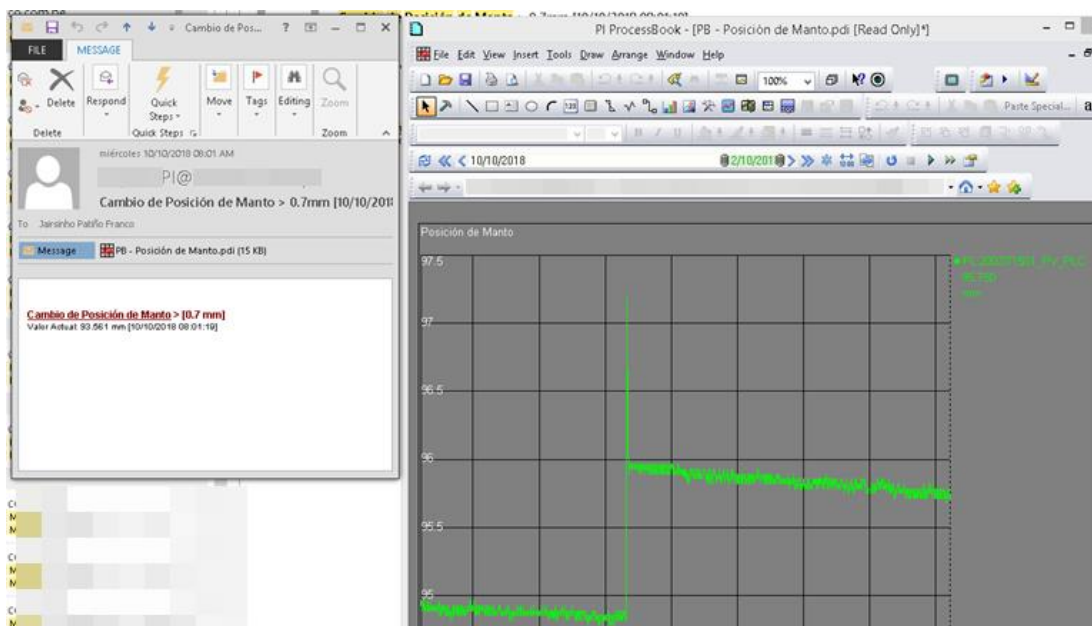
- Finalmente, crear la notificación asociada al inicio del evento y detallar los usuarios a quienes se debe reportar vía correo.

Figura 42: Activar Notificación en PI AF de Cambio de Altura de Poste del Equipo de Chancadora Primaria



Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

Figura 43: Correo Recibido de PI AF referente al Cambio de Altura de Poste del Equipo de Chancadora Primaria



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015, MS Outlook 2016

5.1.4.3. Implementación de Alertas y Notificaciones por SMS: NF-2016-003

Por otro lado, si se deseara activar el envío de SMS a los celulares con notificaciones de texto simple, solo es necesario poner el número de celular bajo la siguiente nomenclatura: **51[N° de Celular]@sms-corp.claro.com.pe**, en la casilla de correo electrónico. Este servicio se encuentra disponible porque ha sido

contratado con el proveedor de telefonía móvil Claro, quien habilitó esta función para todos los números asociados a la empresa.

Figura 44: SMS Recibido de PI AF en Equipo Móvil, relacionado a la detención de los Equipos Críticos: Molinos de Bolas 1 & Molino de Bolas 2



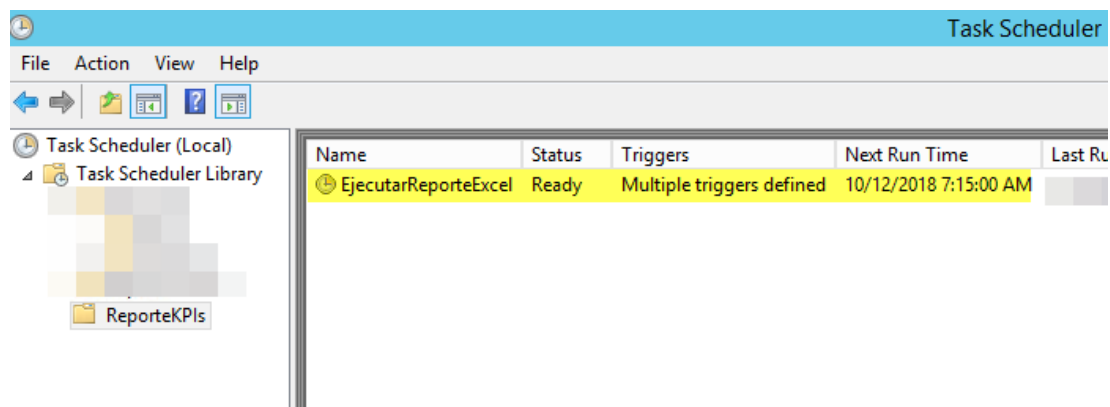
Fuente. Compañía Minera. Notificación SMS

5.1.5. DESARROLLO DEL REPORTE DIARIO DE KPIS: HU-2016-008

Se implementó de forma exitosa el reporte de indicadores clave de rendimiento (KPI, Key Performance Indicator) para una comprensión en base a metas de las diversas áreas productivas de la planta concentradora, el cual es enviado a los usuarios de operación de mando alto / directivo de forma diaria.

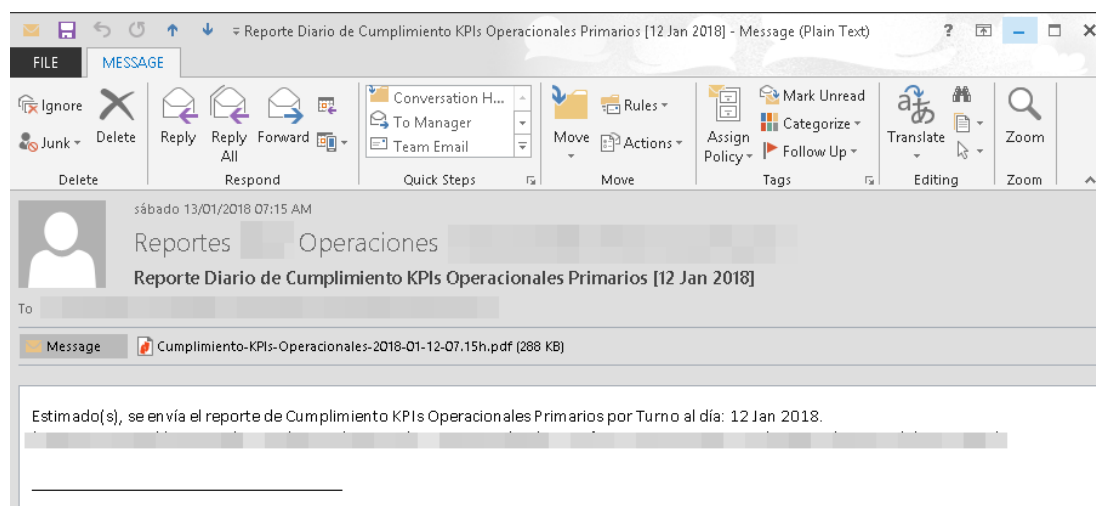
Este reporte fue desarrollado en un archivo Excel usando la herramienta PI DATA LINK, para poder extraer datos de la planta concentradora y realizar los cálculos asociados, y el envío de los reportes automáticos fue un desarrollo de un JOB de Windows que ejecuta el Excel en el horario indicado para hacer un refresco sobre los datos cargados, lo convierte en PDF y enviar el archivo a los correos indicados.

Figura 45: JOB de Envío de Reporte de KPIs



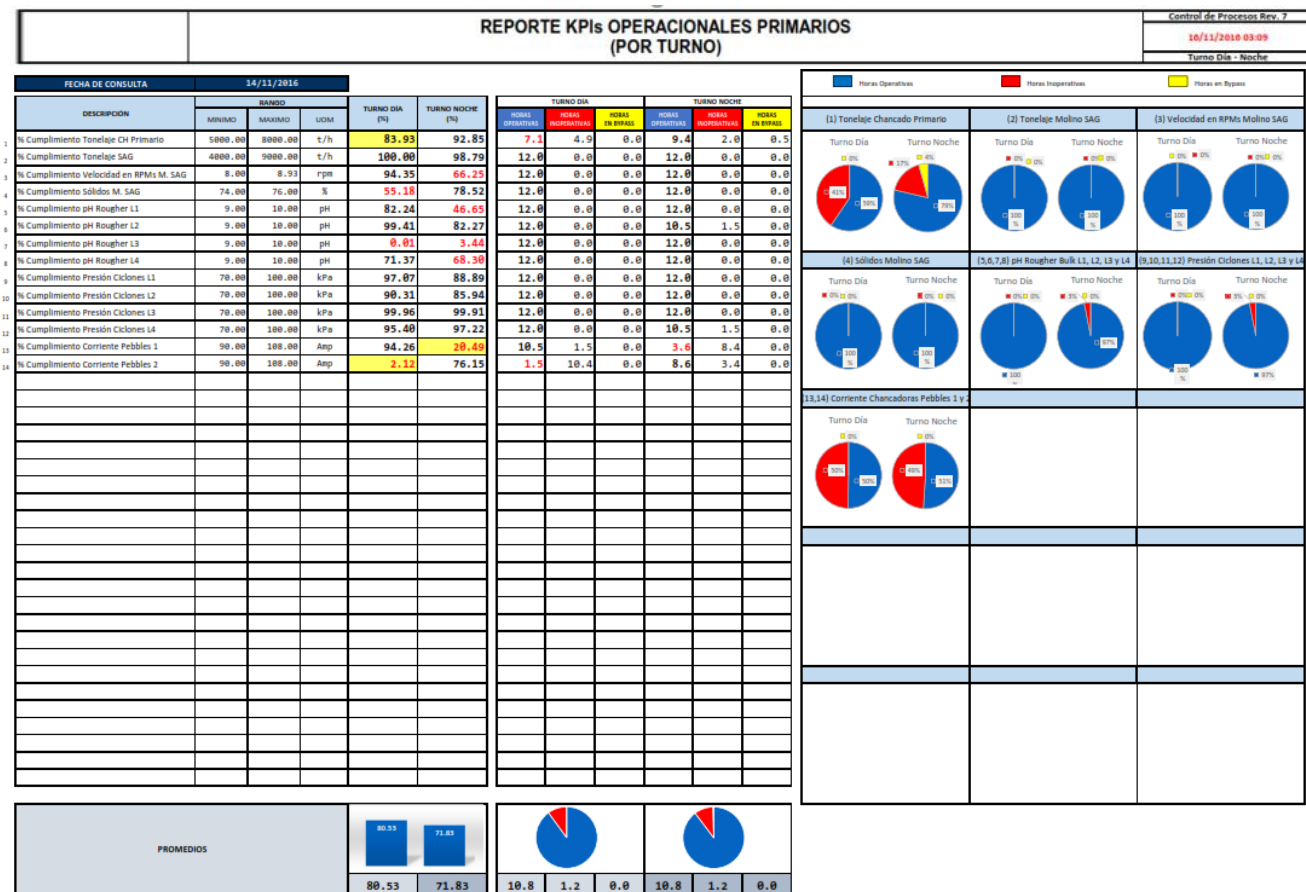
Fuente. Compañía Minera. Windows Task Scheduler

Figura 46: Correo Recibido de Reporte de KPIs



Fuente: Compañía Minera. MS Outlook 2013

Figura 47: Reporte de KPIs Operacionales Primarios adjunto en el correo

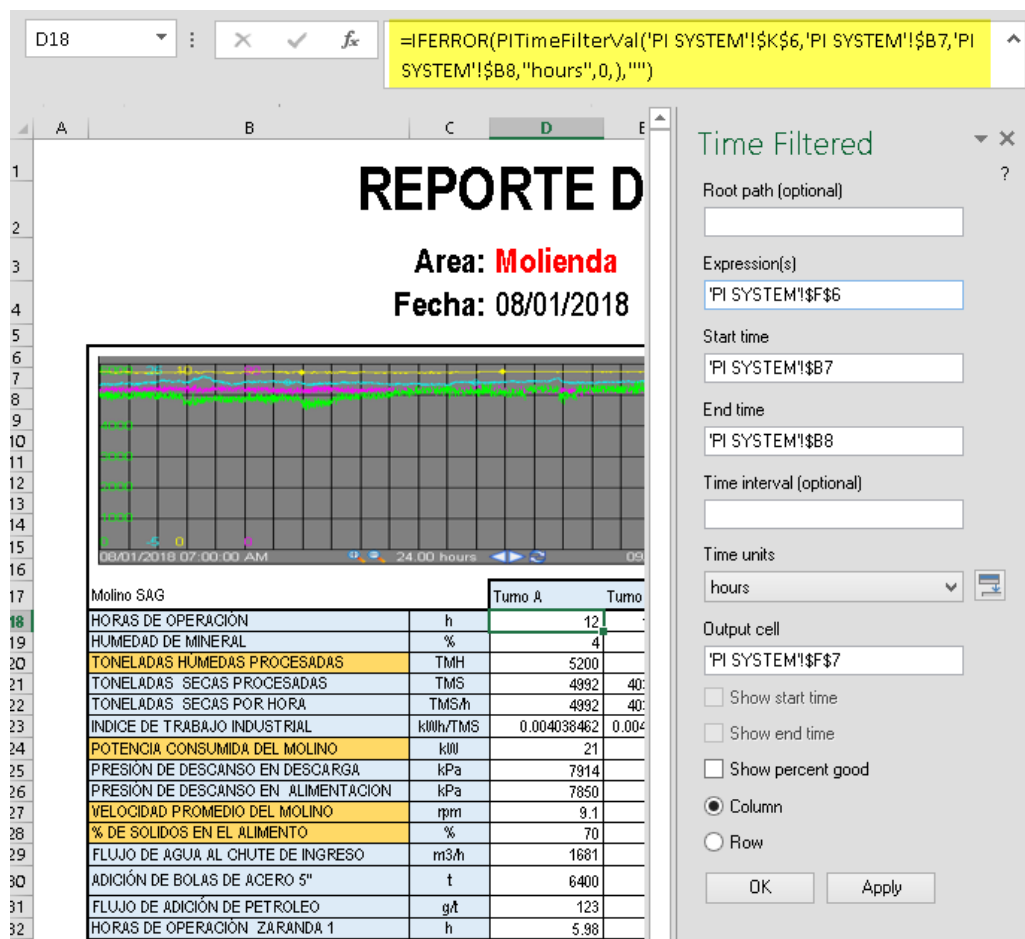


Fuente: Compañía Minera. Adobe Reader 11.0

5.1.6. DESARROLLO DEL REPORTE DIARIO DE OPERACIONES (ÁREA MOLIENDA): HU-2016-009

En el presente reporte de operaciones de la planta concentradora, respecto al área 210 de Molienda, se busca resaltar la operatividad y comportamiento de los principales equipos durante los circuitos de la planta, por lo cual se ha extraído datos de PI System para ser presentados en Excel y mediante fórmulas de PI DATA LINK convertirlos en información de gran valor para la operación, asimismo se ha importado por Macros VBA tendencias desde PI Processbook para tener una tendencia más fina en este reporte.

Figura 48: Fórmula Usada de PI DATA LINK para Reporte Diario de Operaciones



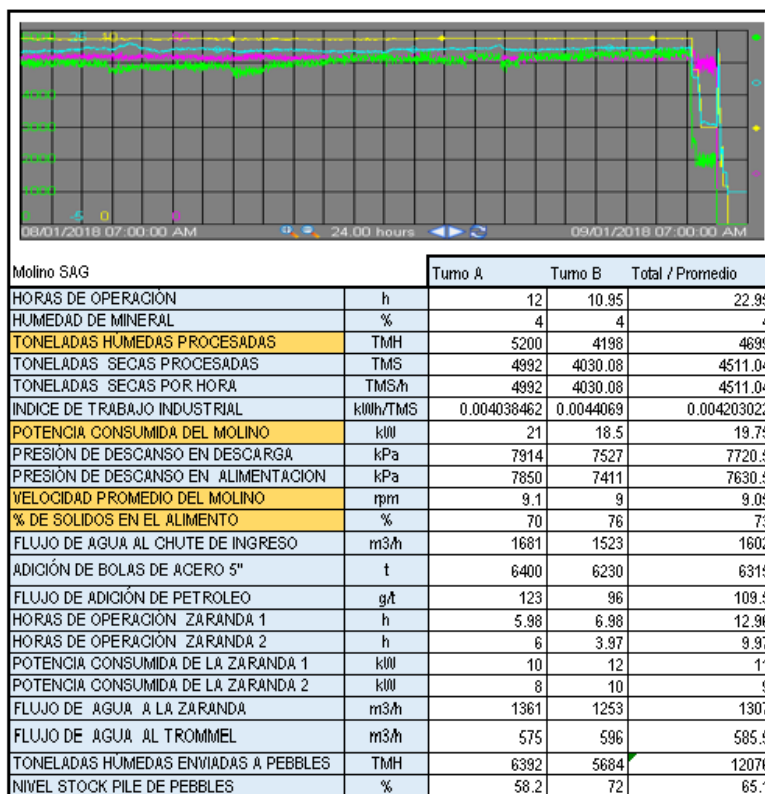
Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

Figura 49: Reporte Diario de Operaciones (Área Molienda)

REPORTE DIARIO D

Area: **Molienda**

Fecha: 08/01/2018



Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

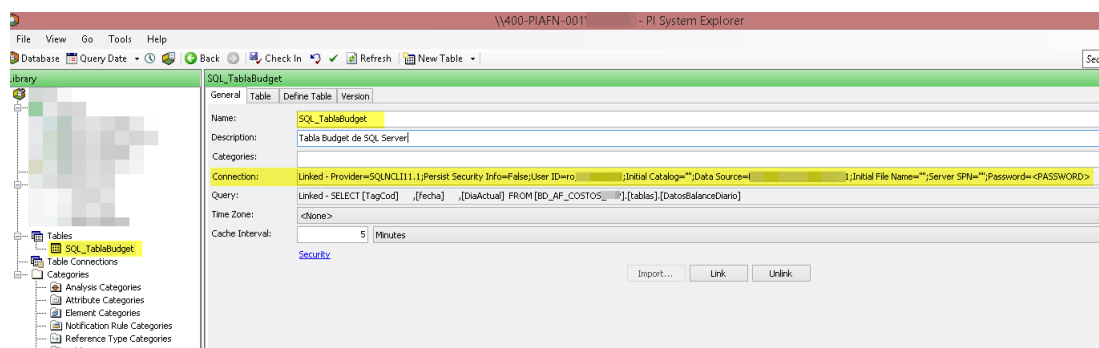
Bajo este formato desarrollado en Microsoft Excel 2013, el usuario final con fórmulas similares en PI DATA LINK podrá replicar esta lógica para otros informes que requiera.

5.1.7. DESARROLLO DEL REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN VS COSTOS: HU-2016-013

Se ha implementado el reporte diario de forma sencilla y dinámica para poder evaluar la rentabilidad de la empresa en el área de Procesos de forma diaria comparando datos de Producción, Costos y Consumos, siendo consolidados de forma sencilla en PI AF con datos provenientes de PI SYSTEM, SAP y

SQL Server, para luego ser presentados por PI DATA LINK en un archivo Excel.

Figura 50: Detalle de Tabla de Budget Exportada de SQL a PI AF



Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

Figura 51: Datos de Tabla Budget Exportados de SQL a PI AF


The screenshot shows the 'SQL_TablaBudget' data view in PI System Explorer. The data is displayed in a table with the following columns: TagCod, fecha, and DiaActual. The data is filtered by the 'Filter' tab.

TagCod	fecha	DiaActual
PROD01	01/06/2016 12:...	111635.100
PROD08	01/06/2016 12:...	24.000
PROD09	01/06/2016 12:...	4651.463
PROD05	01/06/2016 12:...	2304.500
PROD07	01/06/2016 12:...	17.310
PROD06	01/06/2016 12:...	398.909
PROD01	02/06/2016 12:...	113806.800
PROD08	02/06/2016 12:...	24.000
PROD09	02/06/2016 12:...	4741.950
PROD05	02/06/2016 12:...	3001.700
PROD07	02/06/2016 12:...	16.760
PROD06	02/06/2016 12:...	503.085

Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

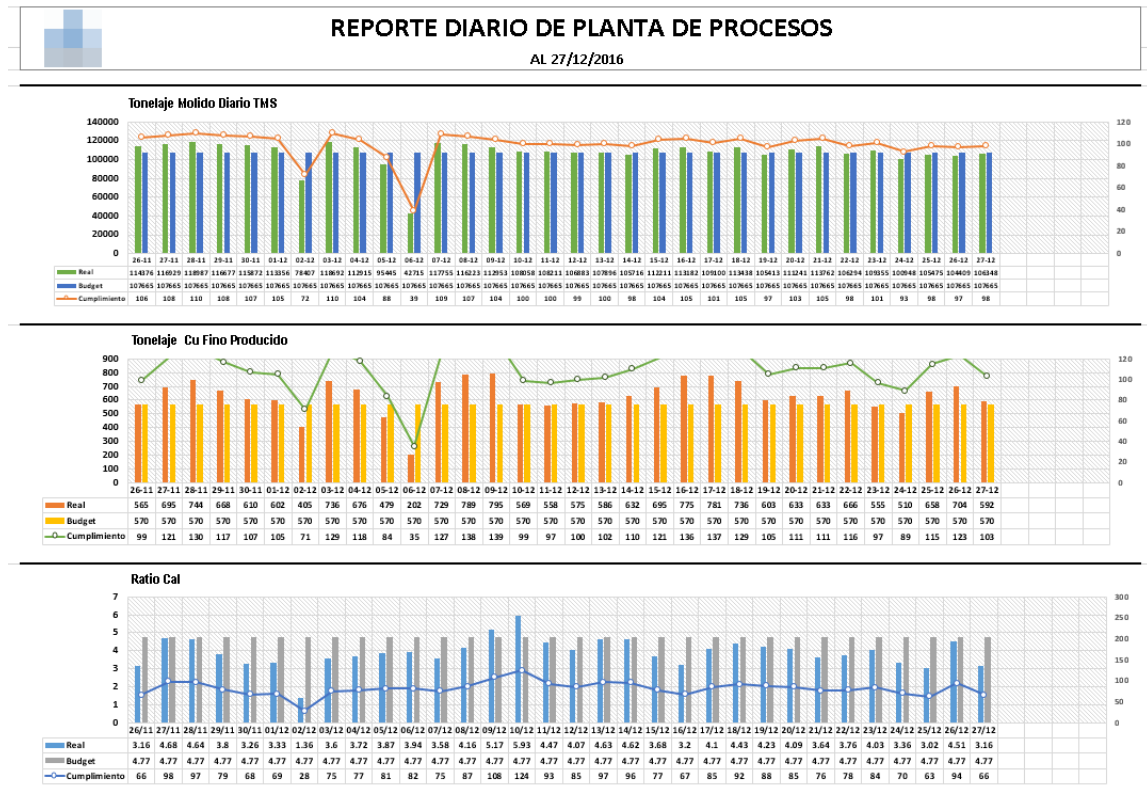
En las Figuras N° 50 y 51 se evidencia la conexión de forma sencilla a una tabla, vista o inclusive procedimiento almacenado de SQL Server, de esta manera PI AF nos permite trabajar dinámicamente con otras fuentes de datos sin necesidad de almacenarlas en PI System, solo se debe tener en consideración que al ser un sistema en base a series de tiempo el envío de las vistas debe contener un Identificador, Fecha y Valor asociado para poder trabajar bajo la misma estructura de PI System.

Figura 52: Reporte Diario de Producción vs Costos

<div>  <div> REPORTE DIARIO DE PLANTA DE PROCESOS AL 27/12/2016 (26/11/2016 - 31/12/2016) </div> <div> F Emisión 12/10/2018 02:45 </div> </div>									
	DIA			MES			AÑO		
	Actual	Budget	Dif.	Actual	Budget	Dif.	Actual	Budget	Dif.
MOUND SAG									
Tonelaje Molido Seco (T)	106,348.3	107,664.9	▼ -1,316.6	3,439,239.3	3,445,277.7	▼ -6,038.4	33,664,111.5	40,677,005.2	▼ -7,012,893.7
Costos de Operación SAG (hs.)	23.9	24.0	▼ -0.1	744.3	667.4	▲ 76.9	8,100.5	8,140.1	▼ -39.6
TMS Molienda (T/hs)	4,449.7	4,486.0	▼ -36.3	4,620.8	5,162.0	▼ -541.2	4,155.8	4,997.1	▼ -841.3
CONCENTRADO PRODUCCION									
Concentrado Cu (T)	2,941.7	2,278.4	▲ 663.3	110,523.4	72,907.9	▲ 37,615.5	915,025.0	782,499.9	▲ 132,525.1
Ley Cu (%)	20.1	25.0	▼ -4.9	18.2	25.0	▼ -6.8	18.0	25.0	▼ -7.0
Fino Cu (T)	591.9	569.6	▲ 22.3	20,115.26	18,227.0	▲ 1,888.3	164,979.0	195,625.0	▼ -30,646.0
CONSUMOS / Ratios									
Cal (T)	336.1	513.8	▼ -177.7	13,993.9	16,441.1	▼ -2,447.3	166,255.9	162,458.6	▲ 3,797.3
Ratio (kg/T)	3.2	4.8	▼ -1.6	4.1	4.8	▼ -0.7	4.9	4.0	▲ 0.9
Bolas 5.5" (T)	16.0	86.1	▼ -70.1	573.0	2,753.9	▼ -2,180.9	1,858.1	27,211.8	▼ -25,353.7
Ratio (kg/T)	0.2	0.8	▼ -0.6	0.2	0.8	▼ -0.6	0.1	0.7	▼ -0.6
Bolas 5" (T)	-	42.4	▼ -42.4	-	1,356.4	▼ -1,356.4	7,708.9	13,402.8	▼ -5,693.9
Ratio (kg/T)	-	0.4	▼ -0.4	-	0.4	▼ -0.4	0.2	0.3	▼ -0.1
Bolas 3" (T)	-	42.4	▼ -42.4	278.0	1,356.4	▼ -1,078.4	2,138.7	13,402.8	▼ -11,264.1
Ratio (kg/T)	-	0.39	▼ (0.39)	0.08	0.39	▼ (0.31)	0.06	0.33	▼ (0.27)
Bolas 2.5" (T)	48.0	86.1	▼ -38.1	1,585.0	2,753.9	▼ -1,168.9	21,954.0	27,211.8	▼ -5,257.8
Ratio (kg/T)	0.451	0.799	▼ -0.348	0.461	0.799	▼ -0.338	0.652	0.669	▼ -0.017
Bolas 1.5" (T)	-	4.9	▼ -4.9	-	156.2	▼ -156.2	937.7	1,543.4	▼ -605.7
Ratio (kg/T)	-	0.045	▼ -0.045	-	0.045	▼ -0.045	0.028	0.038	▼ -0.010
Bolas 1" (T)	2.0	4.9	▼ -2.9	124.0	156.2	▼ -32.2	592.0	1,543.4	▼ -951.4
Ratio (kg/T)	0.019	0.045	▼ -0.026	0.036	0.045	▼ -0.009	0.018	0.038	▼ -0.020
Colector PAX (T)	-	0.9	▼ -0.9	22.9	29.6	▼ -6.7	179.7	292.4	▼ -112.8
Ratio (kg/T)	-	0.009	▼ -0.009	0.007	0.009	▼ -0.002	0.005	0.007	▼ -0.002
SuperFloc A100 (T)	4.2	2.7	▲ 1.4	121.2	87.7	▲ 33.5	944.0	866.7	▲ 77.3
Ratio (kg/T)	0.039	0.025	▲ 0.014	0.035	0.025	▲ 0.010	0.028	0.021	▲ 0.007
Magnafloc E10 (T)	-	0.5	▼ -0.5	-	14.8	▼ -14.8	186.0	146.2	▲ 39.8
Ratio (kg/T)	-	0.004	▼ -0.004	-	0.004	▼ -0.004	0.006	0.004	▲ 0.002
COSTOS									
Cal (\$)	43,362.7	80,171.0	▼ -36,808.3	2,153,793.7	2,565,471.4	▼ -411,677.7	29,699,594.1	25,745,709.7	▲ 3,953,884.4
Bolas 5.5" (\$)	12,366.3	57,206.0	▼ -44,839.7	441,357.4	1,830,591.0	▼ -1,389,233.6	1,580,929.6	18,429,617.3	▼ -16,848,687.7
Bolas 5" (\$)	-	38,732.6	▼ -38,732.6	-	1,239,443.8	▼ -1,239,443.8	7,380,096.7	12,247,245.5	▼ -4,867,148.9
Bolas 3" (\$)	-	38,732.6	▼ -38,732.6	285,081.2	1,239,443.8	▼ -954,362.6	2,198,101.5	12,247,245.5	▼ -10,049,144.0
Bolas 2.5" (\$)	38,728.8	57,206.0	▼ -18,477.2	1,274,603.3	1,830,591.0	▼ -555,987.7	16,917,757.5	18,429,617.3	▼ -1,511,859.8
Bolas 1.5" (\$)	-	3,342.1	▼ -3,342.1	-	106,948.4	▼ -106,948.4	697,533.3	1,056,782.9	▼ -359,249.7
Bolas 1" (\$)	1,922.0	3,342.1	▼ -1,420.1	120,159.8	106,948.4	▲ 13,211.4	562,053.5	1,056,782.9	▼ -494,729.4
Colector PAX (\$)	-	1,972.9	▼ -1,972.9	48,869.7	63,132.6	▼ -14,262.9	397,463.1	635,070.4	▼ -237,607.3
SuperFloc A100 (\$)	11,116.3	9,566.2	▲ 1,550.1	321,682.3	306,119.6	▲ 15,562.7	2,556,020.9	3,024,841.9	▼ -468,821.0
Magnafloc E10 (\$)	-	1,757.1	▼ -1,757.1	-	56,228.6	▼ -56,228.6	471,931.8	555,608.6	▼ -83,676.8
Total Costo - Planta de Procesos (\$)				15,976,222.6	13,183,725.3	(*)Labor & Energía Estimado*	215,378,295.7	168,275,229.3	(*)Labor & Energía Estimado*
Costo (US\$/tm)				4.65	3.83		6.40	4.14	

Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

Figura 53: Reporte Diario de Producción vs Costos (Tendencias)

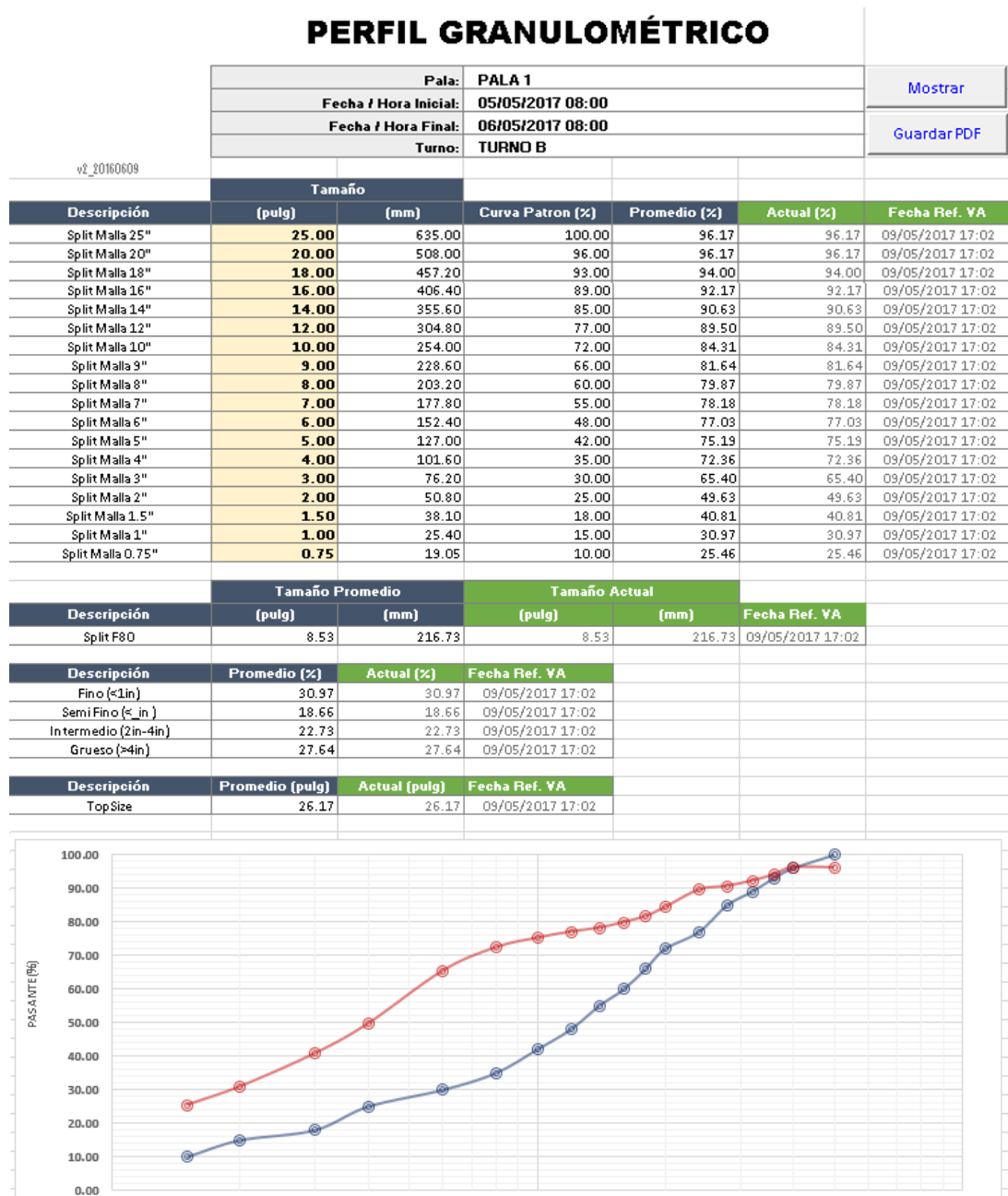


Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

5.1.8. DESARROLLO DE REPORTE POR PERIODO DE PERFIL GRANULOMÉTRICO (SPLIT ONLINE): HU-2016-012

Se desarrolló el Reporte por Periodo de Perfil capturados por el sistema de SPLIT ONLINE de las Palas 1 y 2 y almacenados en PI SYSTEM, y se presentó en un archivo MS Excel debido a que el gráfico de análisis de datos solicitado por el área usuaria solo está disponible en esta herramienta, por lo cual con la ayuda de PI DATA LINK y Macros VBA se logró este fin,

Figura 54: Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico



Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

5.1.9. DESARROLLO DE VISTAS SQL SERVER SOBRE DATOS DE PLANTA (PI SYSTEM): HU-2016-011

Ante la necesidad de tener datos de PI SYSTEM en SAP BUSINESS OBJECT, para ser presentados en los Dashboards del Área de Mina, se vio por conveniente desarrollar unas Vistas / Tablas en SQL Server mediante el

uso de un Linked Server asociado al módulo de PI OLEDB Enterprise, siendo el resultado el siguiente:

Figura 55: Query creado en SQL Server para obtener Datos de PI System

```

declare @fechaIni datetime
declare @fechaFin datetime
declare @fechaActual datetime = getdate()
set @fechaActual = dateadd(S,DATEPART(S,@fechaActual)*-1,@fechaActual)
declare @minuto int=datepart(mi,@fechaactual)
declare @minAux int=@minuto-(@minuto % 5)

if (@minuto % 5) <> 0 begin
    set @fechaActual = dateadd(mi,(@minuto % 5)*-1, @fechaActual)
end

set @fechaIni=dateadd(dd,-7,@fechaActual)
set @fechaFin=dateadd(mi,0,@fechaActual)

declare @timeStep nvarchar(5)='5m'
declare @queryPI varchar(8000)
declare @tagIN varchar(300)
set @tagIN = ''''PL:210WIT1108_DCS''''+', ''''PL:210ML001M1_JI_DCS''''+',
''''PL:210ML001M1_SI_DCS''''+', ''''PL:210ML001M1_CAL_WI_SAG_DCS''''+', ''''PL:210PIT_AVG_DESC_SAG_CALC''''+',
''''PL:210WIT0538_DCS''''+', ''''PL:200LIT0290_PLC''''+', ''''PL:200CR001M1_II_DCS''''+', ''''PL:200CR001M1_I_DCS''''+'

set @queryPI = 'SELECT TAG, STARTTIME, ENDTIME, AVERAGE
FROM OPENQUERY(PI_SERVER,
''
SELECT TAG, TIME - TIMESTEP AS STARTTIME, TIME AS ENDTIME, (CAST(ABS(VALUE) AS FLOAT(32)) AS AVERAGE
FROM PIARCHIVE..PIAVG WHERE TAG IN (''+@tagIN+'')
AND TIME BETWEEN '''+convert(varchar(20),@fechaIni,120)+''' and '''+convert(varchar(20),@fechaFin,120)+'''
AND TIMESTEP = '''+@timeStep+'''
ORDER BY TIME ASC
'')
'

declare @ResultTagsTurnos Table (Tag nvarchar(350),StartTime datetime,EndTime datetime, Average float)
INSERT INTO @ResultTagsTurnos (tag,StartTime,EndTime,Average)
EXEC (@queryPI)
  
```

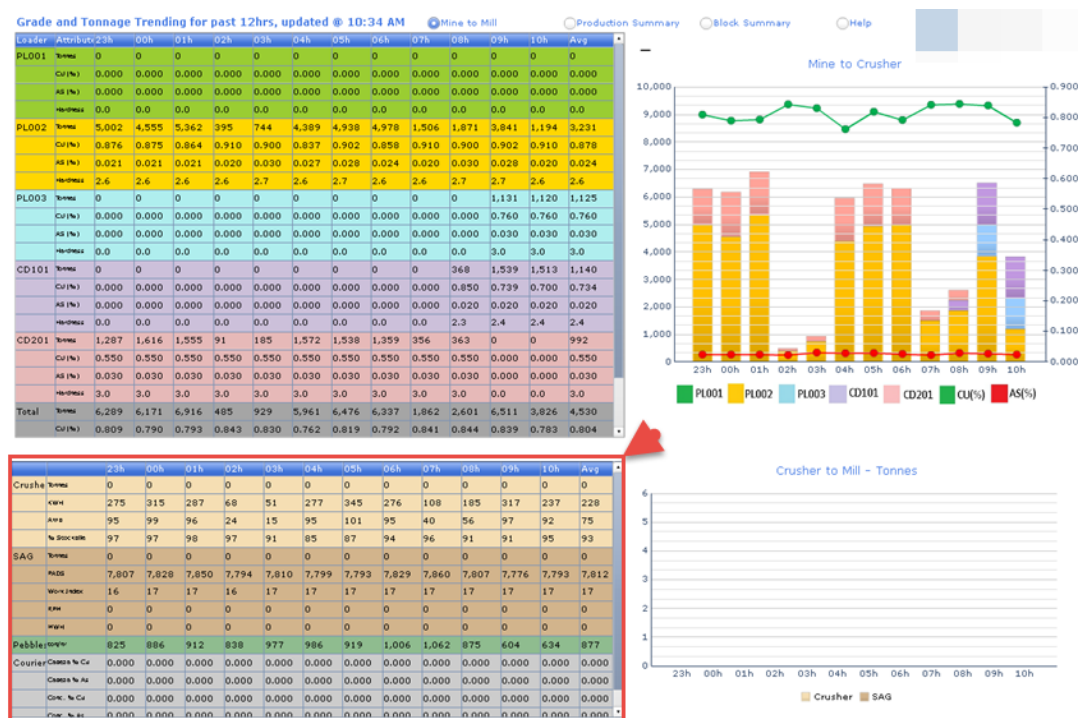
Fuente: Compañía Minera. Microsoft SQL Server 2012

Figura 56: Tabla Poblada en SQL Server con Datos de PI System

	Time	shift	Hour	Ratio_Cha	Potencia_Cha	Corriente_Cha	Nivel_SP	Alim_Mol_SAG	Presion_Descaso_SAG	Work_Index_SAG	Alim_Pebles
1	2018-10-06 16:55:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	163.698822021484	87.3477401733398	90.8749313354432	4123.66552734375	7801.07568359375	18.3335976464844	
2	2018-10-06 16:50:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	218.280120849609	90.7660293579102	91.1197662353516	4150.99951171875	7798.8857421875	18.31982421875	
3	2018-10-06 16:45:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	133.170150756836	86.1919708251953	91.2897872924805	4175.94140625	7791.3173828125	18.3060646087129	
4	2018-10-06 16:40:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	213.808151245117	89.8186264038086	91.1819229125977	4089.75512695313	7789.0283203125	18.4043636322021	
5	2018-10-06 16:35:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	162.649597167969	89.0534362792969	90.8313140869141	4014.95922851563	7783.962890625	18.943911175537	
6	2018-10-06 16:30:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	187.71125793457	89.5486602783203	90.4737091064453	4137.982421975	7779.46142578125	18.5031147003174	
7	2018-10-06 16:25:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	152.519195556641	87.2171096801758	90.452262878418	4136.69482421975	7767.345703125	18.3415985107422	
8	2018-10-06 16:20:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	181.294052124023	86.1361995611719	90.2807540893555	4165.8463268125	7761.001953125	18.0476970672607	
9	2018-10-06 16:15:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	161.041198730469	86.8325729370117	89.7131658320301	4202.6943583075	7743.9653203125	18.1314582824707	
10	2018-10-06 16:10:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	176.3166889802	87.9842147627148	89.614746693975	4233.4072255625	7730.06396494375	18.17728233374	
11	2018-10-06 16:05:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	132.653427124023	89.582389031543	89.6791915893555	4214.82529296875	7728.19482421875	18.0002708435059	
12	2018-10-06 16:00:00.000	Dia 06 Oct 2018	16h	NULL	175.321899414063	88.0138473510742	90.1515121459961	4188.0283203125	7732.86767578125	18.0281600952148	
13	2018-10-06 15:55:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	164.893051147461	87.5802001953125	90.0242614746094	4141.71435546875	7729.83154296875	18.0979557037354	
14	2018-10-06 15:50:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	219.399459838867	91.3755264282227	89.614746093975	4126.400390625	7750.904296875	17.8771629333496	
15	2018-10-06 15:45:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	177.313995361328	88.6826019287109	89.6275405883789	4108.403203125	7734.62259689375	18.267448425293	
16	2018-10-06 15:40:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	181.953146362305	89.4944763183594	89.8591079711914	4025.14526367188	7709.4375	18.5672225952148	
17	2018-10-06 15:35:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	189.18263481445	88.879035949707	90.2886123657227	4095.09985351563	7706.919921875	18.3768463134766	
18	2018-10-06 15:30:00.000	Dia 06 Oct 2018	15h	NULL	196.42431640625	89.6719207763672	90.0508728027344	4049.86840820313	7708.8271494375	18.7249126434326	

Fuente: Compañía Minera. Microsoft SQL Server 2012

Figura 57: Reporte Presentado en SAP BUSINESS OBJECT con Datos de PI SYSTEM



Fuente: Compañía Minera. SAP Business Object

5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS

Referente a las pruebas realizadas en base a los criterios de aceptación de los requerimientos, detallado en las Tablas N° 5 y 6, se evidencian en la tabla N° 39:

Tabla 39: Listado de pruebas efectuadas para validar el criterio de aceptación

ID	Tipo	Alias	Módulo	Criterio de Aceptación	Prueba Realizada	Ítem
HU-2016-001	Funcional	Colectar Datos de Equipos de Planta	PI Interface	Lectura y escritura de datos y eventos en el buffer de cada interfaz respecto al OPC Server.	Verificar la compatibilidad de la versión del OPC Server para la colección de datos: HU-2016-001 Evaluación de la Configuración de Interfaces Activas de PI SYSTEM: HU-2016-001	5.2.1.1. 5.2.1.2.
HU-2016-002	Funcional	Historizar Datos de Equipos de Planta	PI Archive	Almacenar los datos desde las interfaces proveedoras de datos.	Pruebas de Caja Negra para validar la correcta Captura e Historización de los Tags: HU-2016-002	5.2.2.2.
HU-2016-003	Funcional	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows	PI Archive	Acceso con credenciales Windows hereden permisos directos de credenciales PI en visualizadores.	Pruebas de Caja Negra para Evaluar las Políticas de Acceso y Seguridad: HU-2016-003	5.2.2.4.
HU-2016-004	Funcional	Optimizar calidad y cantidad de datos con un ratio 1:10	PI Archive	Lectura de datos por el Buffer sobre los datos escritos en el archive debe mantener un ratio de 1:10	Verificar la Optimización del Almacenamiento de Datos en una ratio 1:10: HU-2016-004	5.2.2.5.

ID	Tipo	Alias	Módulo	Criterio de Aceptación	Prueba Realizada	Ítem
HU-2016-005	Funcional	Desarrollar pantallas general de monitoreo	PI Processbook	Visualización de datos de las pantallas según diseño y listado de tags planteado en el Anexo 13	Verificar las Pantallas de Control y Monitoreo en PI Processbook: HU-2016-005	5.2.3.3.
HU-2016-006	Funcional	Desarrollar pantallas de control de horómetros - metalurgia	PI Processbook	Escritura sobre las señales relacionadas a los horómetros en los servidores DCS de las pantallas PI ProcessBook, según el Anexo 14.	Validar las Pantallas de Reset de Horómetros desde PI SYSTEM: HU-2016-006	5.2.3.4.
HU-2016-007	Funcional	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	PI AF	Listar Árbol de activos desde el PI AF en los diversos visualizadores, para poder ser usados en comparativas y/o análisis.	Pruebas de Acceso a la Estructura de Activos Implementado en PI AF: HU-2016-007	5.2.2.7.
HU-2016-008	Funcional	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.	PI Datalink con Desarrollo tercero	Recepción del Correo de Cumplimiento de KPIs en las bandejas solicitadas, con el reporte bajo el formato indicado.	Verificar el Reporte Diario de KPIs Operacionales: HU-2016-008	5.2.3.5.

ID	Tipo	Alias	Módulo	Criterio de Aceptación	Prueba Realizada	Ítem
HU-2016-009	Funcional	Crear un reporte dinámico de operación planta por guardia	PI Datalink con Desarrollo tercero	Reporte con Indicadores de Producción en un archivo disponible para los supervisores, con el reporte bajo el formato indicado.	Verificar el Reporte Diario de Operaciones (Área 210): HU-2016-009	5.2.3.6.
HU-2016-010	Funcional	Crear Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico	PI Notification	Recepción del Correo de notificaciones ante datos reportados fuera de rango, según el detalle del listado de tags solicitados.	Pruebas y Evidencias de Alertas & Notificaciones en PI AF: HU-2016-010	5.2.2.8.
HU-2016-011	Funcional	Crear Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina	PI OleDb SQL	Presentación de los datos de Planta en el Dashboard mina.	Vista de SQL Server de Datos Planta (PI SYSTEM): HU-2016-011	5.2.3.9.
HU-2016-012	Funcional	Crear Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2	Desarrollo SQL con PI OleDb SQL	Presentación de los datos del Split Online en un reporte Excel, sin el uso de ninguna librería de PI System en el reporte Excel.	Verificar el Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico: HU-2016-012	5.2.3.8.

ID	Tipo	Alias	Módulo	Criterio de Aceptación	Prueba Realizada	Ítem
HU-2016-013	Funcional	Crear Reporte Diario de Producción para el Área de Costos	PI Datalink con Desarrollo tercero SAP	Presentación de los datos de Costos y Consumos asociados a la producción en un reporte Excel, sin el uso de ninguna librería SAP ni de PI System.	Verificar el Reporte Diario de Producción vs Costos: HU-2016-013	5.2.3.7.
NF-2016-001	No Funcional	Brindar accesibilidad desde cualquier equipo a pantallas desarrolladas	Processbook	Presentación de las pantallas de control y monitoreo en tabletas, móviles o laptops terceras.	Verificar el acceso a la publicación de las Pantallas de PI Processbook (Local & Web): NF-2016-001	5.2.3.2.
NF-2016-002	No Funcional	Aplicar el Estándar ANSI/ISA-5.1.-2009	Data Archive	Evidenciar Tags con la nomenclatura sugerida por la norma ANSI/ISA – 5.1. – 2009	Verificar el uso del estándar ANSI/ISA-5.1.1-2009 para la denotación de los tags: NF-2016-002	5.2.2.6.
NF-2016-003	No Funcional	Recibir notificaciones de tipo SMS	Notification	Evidenciar mensajes de texto con las alertas activadas.	Pruebas y Evidencias de Alertas & Notificaciones en PI AF: HU-2016-010, NF-2016-003	5.2.2.8.
NF-2016-004	No Funcional	Implementar Alta disponibilidad en PI Data Archive	Data Archive	Cuando el servidor principal de PI Data Archive cae, un servidor redundante debe entrar en operación.	Pruebas de Caja Negra para evaluar la Alta Disponibilidad: NF-2016-004	5.2.2.3.

ID	Tipo	Alias	Módulo	Criterio de Aceptación	Prueba Realizada	Ítem
NF-2016-005	No Funcional	Aplicar políticas de seguridad de la compañía minera	Todos	Se debe evidenciar en los servidores que la política de grupo ha sido aplicada.	Verificar las políticas de seguridad en los servidores: NF-2016-005	5.2.2.1.
NF-2016-006	No Funcional	Configurar tasas de actualización de datos	Processbook, PI DataLink	Los datos mostrados en las herramientas visualizadores del PI System deben actualizarse cada 5 segundos	Verificar la tasa de Actualización de Datos en las Herramientas Cliente: NF-2016-006	5.2.3.1.

Fuente: Elaboración propia

En los próximos puntos, se detallan las pruebas informadas en la tabla N° 19, y resultados de las mismas.

5.2.1. PRUEBAS DE LA INTEGRACIÓN DE PI SYSTEM

En estas pruebas se busca asegurar la configuración realizada hacia los servidores OPC, de donde PI System consume los datos, siendo importante los puntos referentes a la compatibilidad y conectividad hacia la infraestructura implementada en la planta.

5.2.1.1. Verificar la compatibilidad de la versión del OPC Server para la colección de datos: HU-2016-001

Para verificar que no existen conflictos con la versión del OPC Server de los diversos servidores implementados, se evaluó la compatibilidad de los dispositivos y equipos que interactúan en la Red Industrial, teniendo un 100% de posibilidad de lectura de las señales informadas mediante el uso de los OPC Server de cada grupo detallado en el **Anexo N° 11: Listado de Servidores de Control de Procesos**, a continuación, se lista el cuadro de señales mapeadas:

Figura 58: Prueba de Compatibilidad de Listado de Servidores de Control de Procesos

Recurso	Dominio	Nodo OPC	Descripción	Major Version	Minor Version	Running	Conexión	Compatible
OPCSG	SYS800	OPCSG.Com2	Industrial IT 800XA System OPC Data Access Server , ABB Automation Technologies	5	1	SI	GigaE	SI
OPC3	SYS800	PLC.DC.Com4	Rockwell Automation RSLinx Classic	4	0	SI	GigaE	SI
SYSONE	SYS800	SYSONE.List.Driver.Com1	-	6	0	SI	GigaE	SI
SPLITPLT	SYS800	SPLT.Online.Driver.C1	-	4	0	SI	GigaE	SI
SPLITMINA	SYS800	SPLT.Online.Driver.C1	-	4	0	SI	GigaE	SI
OPCVSM	SYS800	Zaranda.100.Ctrl.00	-	6	0	SI	GigaE	SI

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

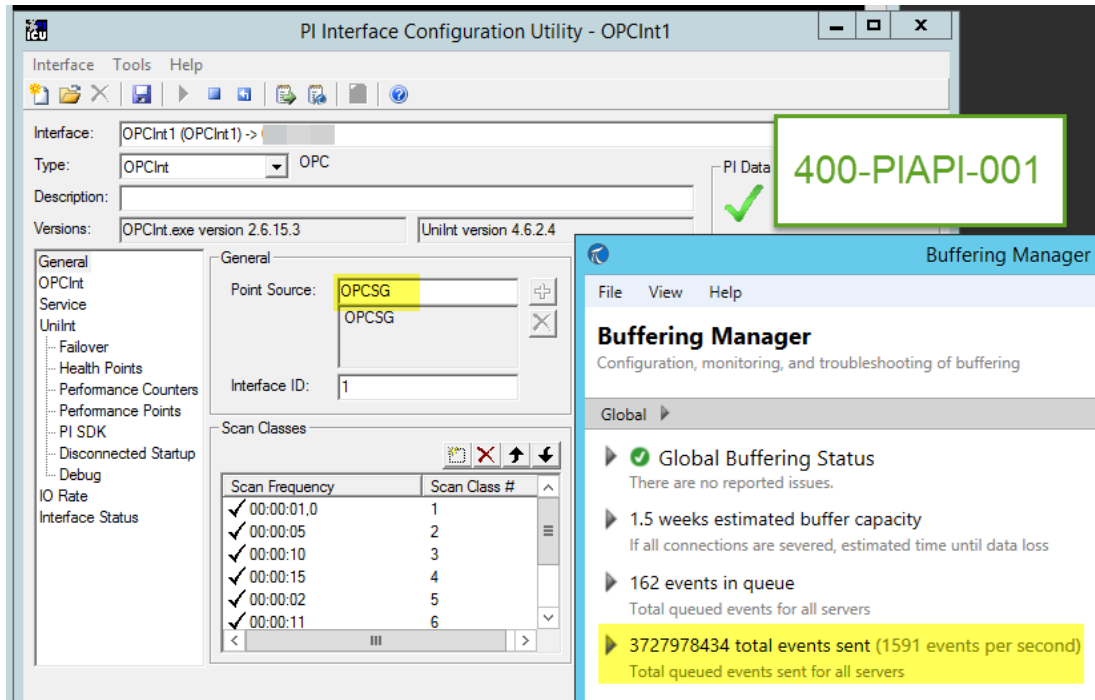
Las interfaces instaladas de PI SYSTEM soportan la versión 2 de OPC, por ello no ha de generar ningún conflicto con el listado de servidores informados, ante este resultado se considera que la verificación ha sido exitosa.

5.2.1.2. Evaluación de la Configuración de Interfaces Activas de PI SYSTEM: HU-2016-001

Como resultado de la adecuada configuración y compatibilidad de los servidores OPC Server hacia las interfaces de PI SYSTEM, se tiene el 100% de las interfaces activas y colectando datos, a

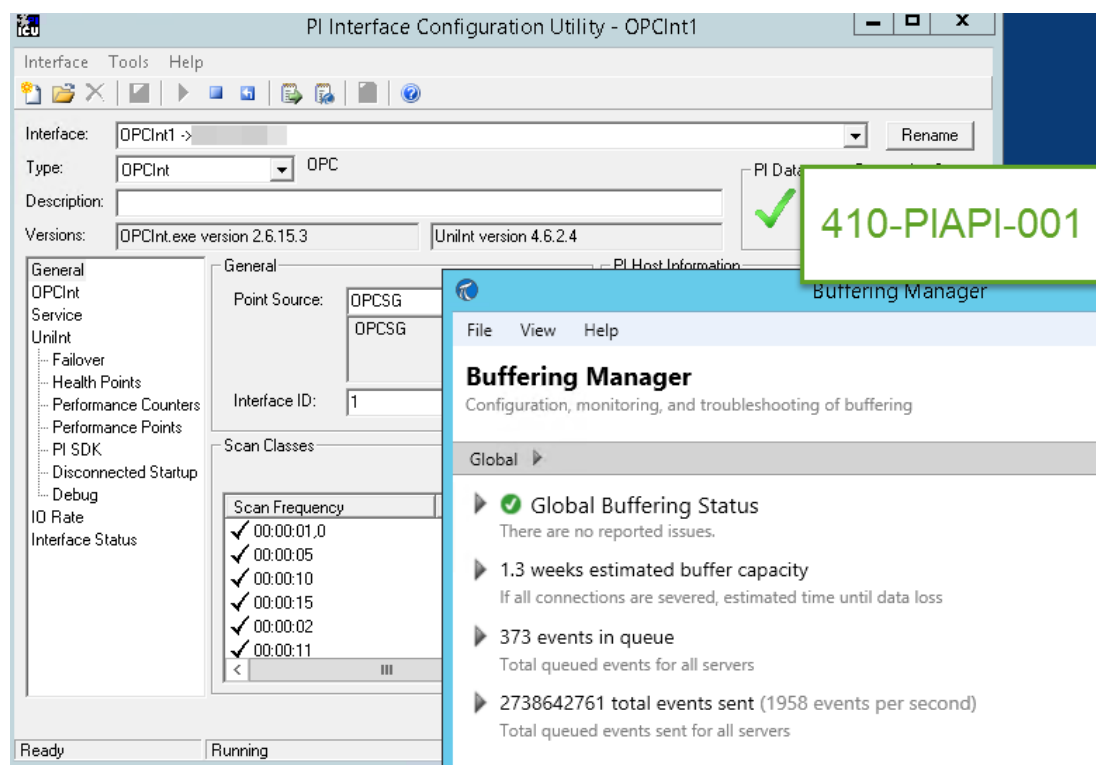
continuación, se muestra algunas capturas de las principales interfaces:

Figura 59: Interface OPCSG, configurada en servidor de Interfaces 400-PIAPI-001



Fuente: Compañía Minera. PI Interface Configuration Utility

Figura 60: Interface OPCSG, configurada en servidor de Interfaces 410-PIAPI-00



Fuente: Compañía Minera. PI Interface Configuration Utility

5.2.2. PRUEBAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PI SYSTEM

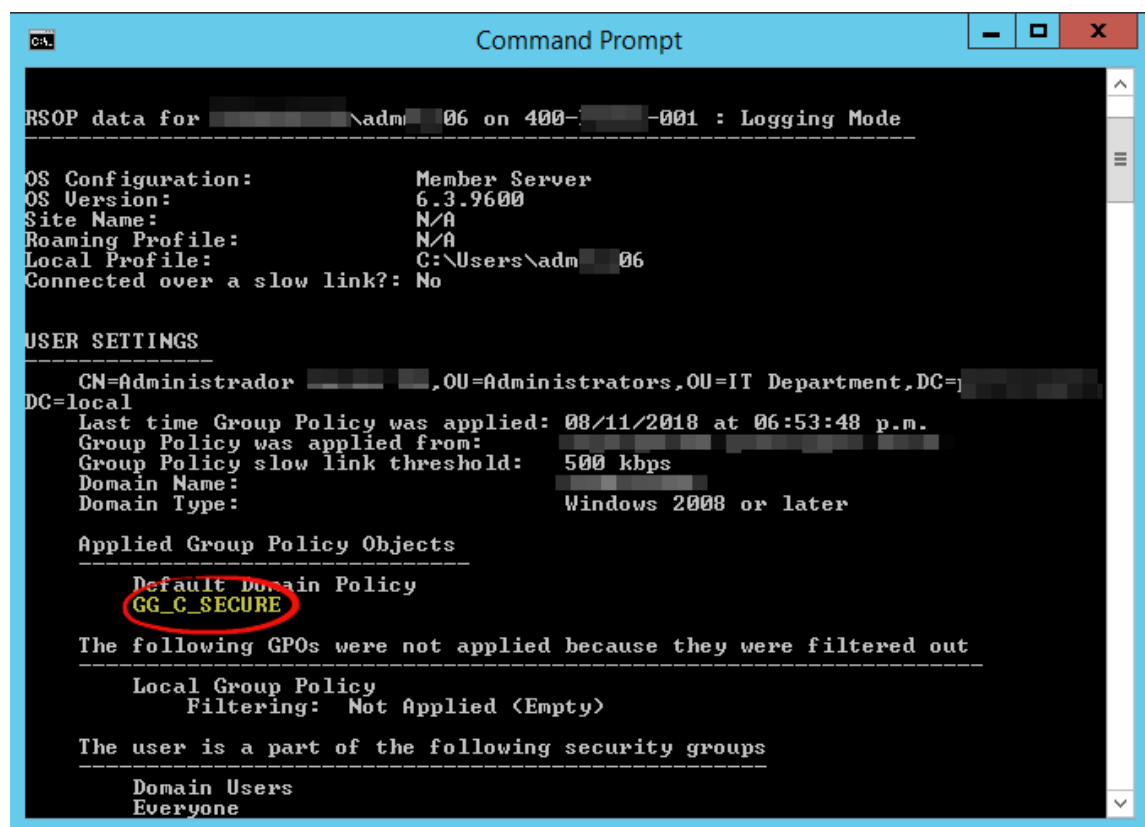
Para validar la implementación correcta del PI SYSTEM en la planta concentradora, se han realizado las siguientes pruebas:

- Servidores Configurados bajo Políticas de Seguridad de la compañía
- Captura e Historización de Datos
- Alta Disponibilidad
- Políticas y Seguridad
- Optimización de Almacenamiento de Datos
- Estructura Cargada de PI AF
- Alertas y Notificaciones

5.2.2.1. Verificar las políticas de seguridad en los servidores: NF-2016-005

Como se contempló en el diseño de servidores referente a las políticas de seguridad en los servidores, **Tabla N° 10. Políticas de seguridad por defecto de los servidores de la compañía minera**, los servidores asociados a esta implementación deben estar asociados a un grupo de políticas llamado **“GG_C_SECURE”**, por lo cual para validar el cumplimiento de este punto se ejecutó el comando **“gpresult /Scope User /v”** que lista los objetos de la Directiva de Grupos del Sistema, entre esos objetos se encuentra las políticas aplicadas.

Figura 61: Resultados de la Directiva de Grupos del Sistema Aplicados al Servidor: 400-PI-001



```
Command Prompt

RSOP data for [redacted]\adm[redacted]06 on 400-[redacted]-001 : Logging Mode
-----

OS Configuration:      Member Server
OS Version:            6.3.9600
Site Name:             N/A
Roaming Profile:       N/A
Local Profile:         C:\Users\adm[redacted]06
Connected over a slow link?: No

USER SETTINGS
-----
  CN=Administrador [redacted],OU=Administrators,OU=IT Department,DC=[redacted]
  DC=local
  Last time Group Policy was applied: 08/11/2018 at 06:53:48 p.m.
  Group Policy was applied from: [redacted]
  Group Policy slow link threshold: 500 kbps
  Domain Name: [redacted]
  Domain Type: Windows 2008 or later

  Applied Group Policy Objects
  -----
    Default Domain Policy
    GG_C_SECURE
  The following GPOs were not applied because they were filtered out
  -----
    Local Group Policy
    Filtering: Not Applied (Empty)

  The user is a part of the following security groups
  -----
    Domain Users
    Everyone
```

Fuente: Compañía Minera. MS DOS

En estas pruebas se evidenció que la política GG_C_SECURE se encuentra aplicada en los 7 servidores asociados al PI SYSTEM, siendo esta prueba satisfactoria.

5.2.2.2. Pruebas de Caja Negra para validar la correcta Captura e Historización de los Tags: HU-2016-002

La colección e historización correcta de los tags se ha verificado mediante pruebas de caja negra en un periodo de 6 horas, por lo cual se han implementado señales de prueba en equipos activos de planta que varíen cada segundo para ser comparadas con los datos colectados y almacenadas en PI System. Por ello se ha dispuesto tener 2 señales por cada interfaz (1 señal analógica - Float64, 1 señal digital - Boolean).

Debido a que los equipos en la planta no guardan un histórico de forma nativa, se tendrá como punto comparación al DCS del System 800xa, que también interactúa con los equipos de planta.

Al finalizar la prueba se realizarán comparativos respecto a la cantidad de datos leídos y capturados; y también la congruencia de los datos guardados ante los capturados por el DCS.

Tabla 40: Prueba de Captura de Datos de Interface OPCSG

Prueba	Capturar 2 señales cada segundo de la interfaz OPCSG
Interfaz	OPCSG
Consideraciones	Anular todo parámetro de comprensión, para no discriminar datos. La captura de los demás tags asociados a la interfaz debe mantenerse.
Señales Creadas	PL:TEST_OP CSG_FLOAT1 PL:TEST_OP CSG_DIGITAL1
Duración de la Prueba	6 Horas
Resultado Esperado	100.00%

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Tabla 41: Resultado de la Prueba de Captura de Datos de Interface OPCSG

Resultados FLOAT	100.00%
Datos Capturados por el DCS	21600
Datos Leídos por PI SYSTEM	21600
Datos Almacenados por PI SYSTEM	21600
Congruencia de Datos	100.00 %

Resultado BOOLEAN	100.00%	
Datos Capturados por el DCS	21600	
Datos Leídos por PI SYSTEM	21600	
Datos Almacenados por PI SYSTEM	21600	
Congruencia de Datos		100.00 %
Resultado Final	100.00%	100.00 %

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Según se evidencia en la Tabla N° 40, la prueba para esta interfaz OPCSG se concluye como exitosa en un 100.00%.

De la misma manera, se realizó dicha prueba a la interfaz de PLC Terceros: OPC3.

Tabla 42: Prueba de Captura de Datos de Interface OPC3

Prueba	Capturar 2 señales cada segundo
Interfaz	OPC3
Consideraciones	Anular todo parámetro de comprensión, para no discriminar datos. La captura de los demás tags asociados a la interfaz debe mantenerse.
Señales Creadas	PL:TEST_OPC3_FLOAT1 PL:TEST_OPC3_DIGITAL1
Duración de la Prueba	6 Horas
Resultado Esperado	99.50%

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Tabla 43: Resultado de la Prueba de Captura de Datos de Interface OPCSG

Resultados FLOAT	99.94%	
Datos Capturados por el DCS	21600	
Datos Leídos por PI SYSTEM	21586	
Datos Almacenados por PI SYSTEM	21586	
Congruencia de Datos		99.94%
Resultado BOOLEAN	99.94%	
Datos Capturados por el DCS	21600	
Datos Leídos por PI SYSTEM	21586	
Datos Almacenados por PI SYSTEM	21586	
Congruencia de Datos		99.94%
Resultado Final	99.94%	99.94%

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

En base a la **Tabla N° 42**, la prueba para esta interfaz OPC3 se concluye como **exitosa** en un 99.97% sobre 99.50%, el resultado

esperado es porque estas señales no son críticas para la operación, son señales de equipos auxiliares. Durante estas pruebas se evidencio que las fallas en esta última interfaz se debieron ante perdidas de paquetes en la red, y en momentos por falta de recursos del servidor OPC de PLC Terceros.

Con estas pruebas se ha determinado que la captura e historización de datos de PI SYSTEM no presenta inconvenientes y ha sido implantada con éxito.

5.2.2.3. Pruebas de Caja Negra para evaluar la Alta Disponibilidad: NF-2016-004

Para la implementación actual se consideró la habilitación de alta disponibilidad de almacenamiento de datos para que los servidores de PI DATA ARCHIVE trabajen en Modo Colectivo, y de la misma forma se tenga un aseguramiento de colección de datos en la interfaz de OPCSG mediante la habilitación del modo Failover, por lo cual se efectuaron las pruebas de tipo casuística informadas en el Anexo 22: PROTOCOLO DE PRUEBAS PI HA / FAILOVER, obteniéndose la conformidad de 20 sobre 20 pruebas exitosas.

Con la única observación que la conexión inicial de la interfaz de PI System hacia el OPC Server demora alrededor de 3 a 5 min, considerándose esta prueba exitosa.

5.2.2.4. Pruebas de Caja Negra para Evaluar las Políticas de Acceso y Seguridad: HU-2016-003

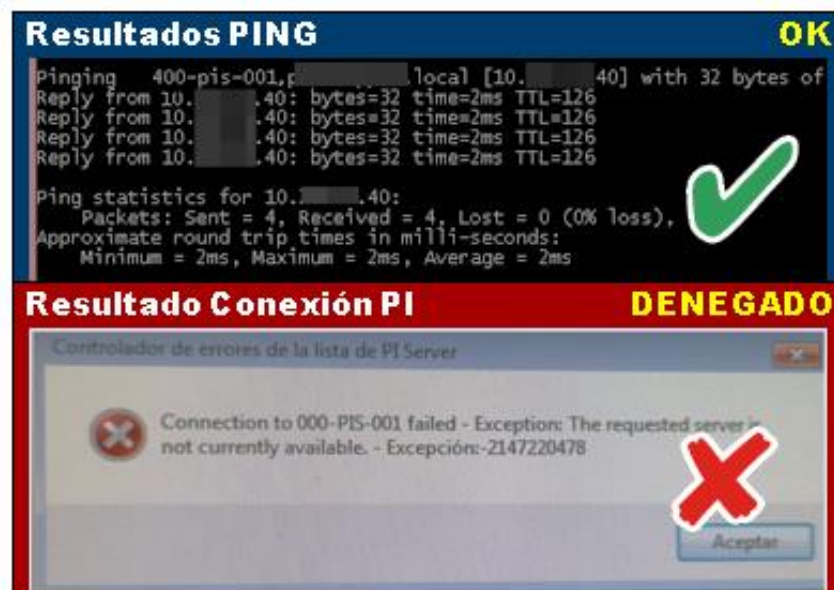
Para poder evaluar el acceso y seguridad ante la interacción de los usuarios con las herramientas de PI SYSTEM, se evaluó 4 casos donde usuarios ajenos a la compañía y usuarios internos intenten conectarse al sistema.

Tabla 44: Pruebas de Políticas de Acceso y Seguridad

N° Prueba	Detalle de Prueba	Consideraciones	Resultado Esperado
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar en una PC no enrolada en el dominio. • Ingresar con una cuenta que no es de dominio. 	La PC debe estar conectada a la red de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> • PING: OK • CONEXIÓN CON PI SDK: DENEGADO
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar en una PC enrolada al dominio. • Ingresar con una cuenta que no es de dominio. 		<ul style="list-style-type: none"> • PING: OK • CONEXIÓN CON PI SDK: NO
3	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar en una PC enrolada al dominio. • Ingresar con una cuenta que es de dominio, pero no pertenece al grupo de Usuarios de Lectura de PI SYSTEM 		<ul style="list-style-type: none"> • PING: OK • CONEXIÓN CON PI SDK: NO
4	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar en una PC enrolada al dominio. • Ingresar con una cuenta que es de dominio y pertenece al grupo de Usuarios Lectura del Directorio Activo. 		<ul style="list-style-type: none"> • PING: OK • CONEXIÓN CON PI SDK: OK

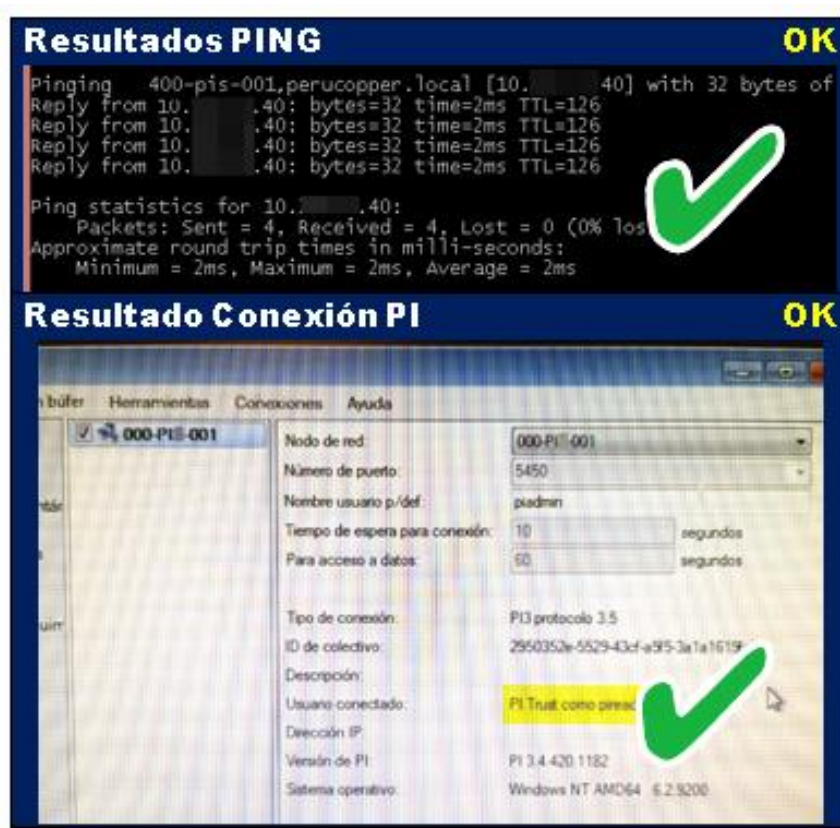
Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 62: Resultado de las Pruebas N° 1, N° 2; N° 3 de Políticas de Acceso y Seguridad



Fuente: Compañía Minera. PI SDK 2016

Figura 63: Resultado de la Pruebas N° 3 de Políticas de Acceso y Seguridad



Fuente: Compañía Minera. PI SDK 2016

Se puede evidenciar que las pruebas brindaron el resultado esperado, por lo que se concluye que las políticas de acceso y seguridad han sido habilitadas de forma exitosa.

5.2.2.5. Verificar la Optimización del Almacenamiento de Datos en una ratio 1:10: HU-2016-004

Para llegar a este fin se ha configurado con un valor aproximado en base al SPAN y el valor mínimo de sensibilidad del cambio que se han implementado agrupando las señales analógicas. Esa ratio es verificable a nivel general en el sistema de PI SYSTEM; respecto al factor de datos almacenados por el DATA ARCHIVE versus los datos leídos por los módulos de PI INTERFACES, siendo el resultado actual **1:3.7** (89'787,522 datos archivados / 332'920,828 datos leídos)

Figura 64: Ratio de Datos Archivados sobre Datos Leídos

Snapshot and Archive Statistics					
<div> </div>					
Show: <input type="radio"/> Snapshot <input type="radio"/> Archive <input checked="" type="radio"/> Both		Update Time: 08/11/2018 05:49:24 AM			
Type	Counter	Server	Collective	Value	C...
Archive	Archived Events	400-PIS-001	000-PI-001	89,787,522	0
Archive	Out of Order Events	400-PIS-001	000-PI-001	364,295	0
Snapshot	Snapshot Events	400-PIS-001	000-PI-001	332,920,828	0

Fuente: Compañía Minera. PI System Management Tools 2016

Por lo cual esta prueba no es exitosa, en base al requerimiento inicial, y se trabajará en conjunto con el Área de Operaciones para optimizar los parámetros de excepción categorizando las señales, se considera un cumplimiento único del 37% con respecto a la meta.

5.2.2.6. Verificar el uso del estándar ANSI/ISA-5.1.1-2009 para la denotación de los tags: NF-2016-002

Se evidencia el uso del estándar en un 90% de los 13 mil tags cargados, en los siguientes tipos de señales:

Densidad (D)	Humedad (M)
Voltaje (E)	Presión (P)
Flujo (F)	Cantidad (Q)
Manual (H)	Velocidad (S)
Corriente (I)	Temperatura (T)
Fuerza (J)	Peso (W)
Tiempo (K)	Posición (Z)
Nivel (L)	

Asimismo, se ha denotado que el estándar ha sido aplicado de la siguiente manera para el caso de la variable de medición del Control de Carga en la Faja CV0001 de Chancado Primario:

WIC1041; Control de carga, Medición

- **PREFIJO:**

Área :Según tabla de siglas la variable pertenece a **PL**

CodÁrea :Según tabla de asignación, la variable pertenece al área **200**.

- **IDENTIFICADOR DE LA VARIABLE:**

TagISA : Se mantiene, porque cumple con el estándar.

Correlativo : Se mantiene, por ser único de la denotación de los equipos de planta.

Tipo: **PV** (ya que es medición de un lazo de control)

- **SUFIJO:**

ReducciónPeríodo: No aplica

Origen: _DCS

Tag resultante: **PL200:WIC1041PV_DCS**

Se concluye que el diseño de la estructura para los nombres de los tags ha sido replicado de manera correcta en la compañía minera.

5.2.2.7. Pruebas de Acceso a la Estructura de Activos Implementado en PI AF: HU-2016-007

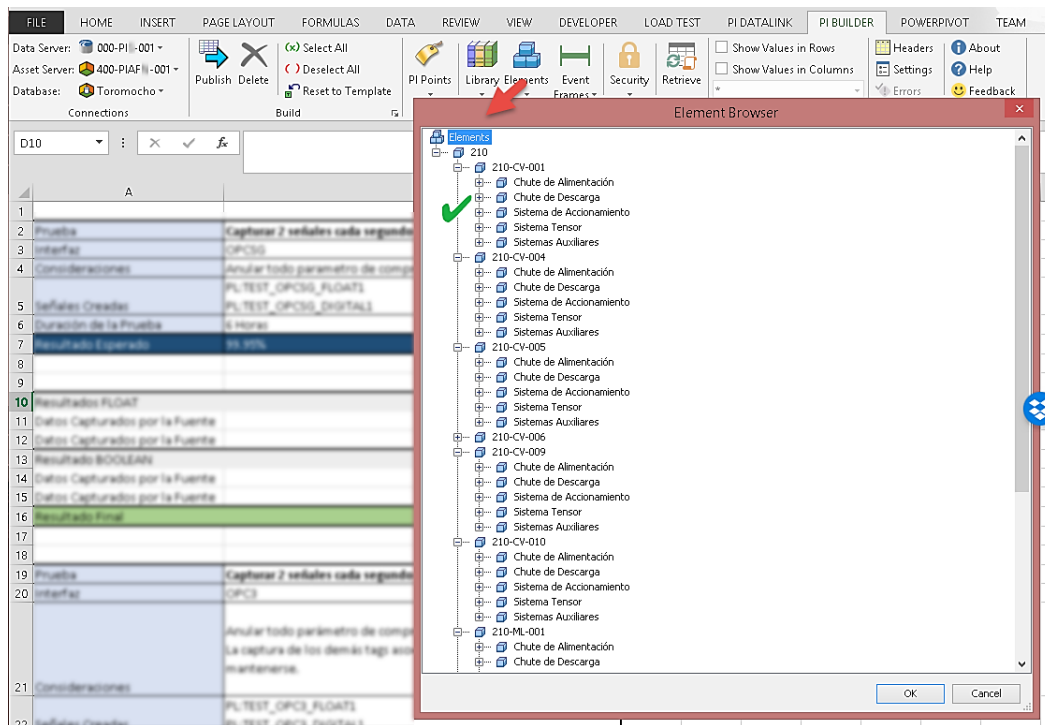
Se ha implementado el árbol de activos de la compañía en PI AF para que cualquier trabajador tenga una fácil comprensión de los equipos y sistemas implementados en la planta, esta estructura es de acceso libre para todos los trabajadores y así facilitar sus labores. Por lo cual se ha procedido a realizar dos pruebas de acceso a la estructura desde las herramientas cliente: PI Data Link y PI Processbook.

Tabla 45: Pruebas de Acceso a Estructura de PI AF en PI Data Link y PI ProcessBook

N° Prueba	Detalle de Prueba	Consideraciones	Resultado Esperado
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar a Microsoft Excel y Mostrar Estructura de PI AF 	La PC debe estar conectada a la red de la empresa y enrolada en el dominio.	Estructura de PI AF: VISIBLE
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar a PI Processbook y Mostrar Estructura de PI AF 		Estructura de PI AF: VISIBLE

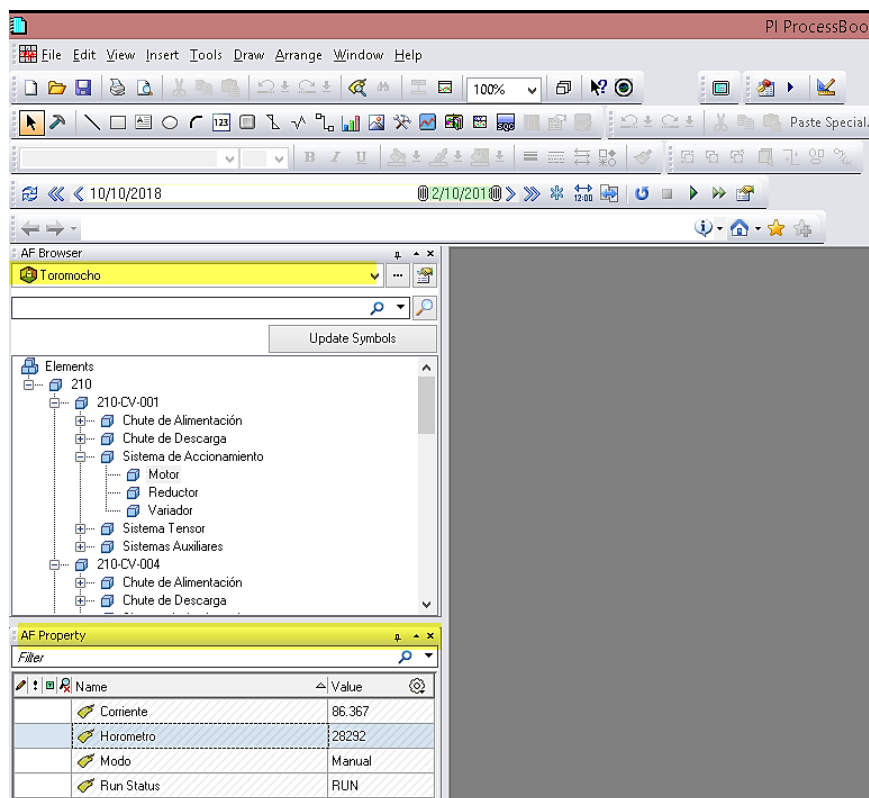
Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 65: Resultado de la Prueba N° 1 de Acceso a Estructura de PI AF por Microsoft Excel y PI Datalink



Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

Figura 66: Resultado de la Prueba N° 2 de Acceso a Estructura de PI AF por PI Processbook



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Con las pruebas efectuadas se pudo comprobar que el PI AF se encuentra correctamente implementado en la compañía, por lo cual esta prueba es exitosa.

5.2.2.8. Pruebas y Evidencias de Alertas & Notificaciones en PI AF: HU-2016-010, NF-2016-003

Se han implementado satisfactoriamente las condiciones para que se envíen las alertas y notificaciones de equipos críticos en condiciones anormales mediante el uso de la herramienta PI Notification que pertenece al PI AF.

Como evidencia de las alertas y notificaciones implementadas en PI AF, fuera de los correos electrónicos enviados, se generan datos

históricos de las condiciones alertadas llamados Marco de Eventos (Event Frames).

Figura 67: Event Frames Generados por las Alertas y Notificaciones Implementadas

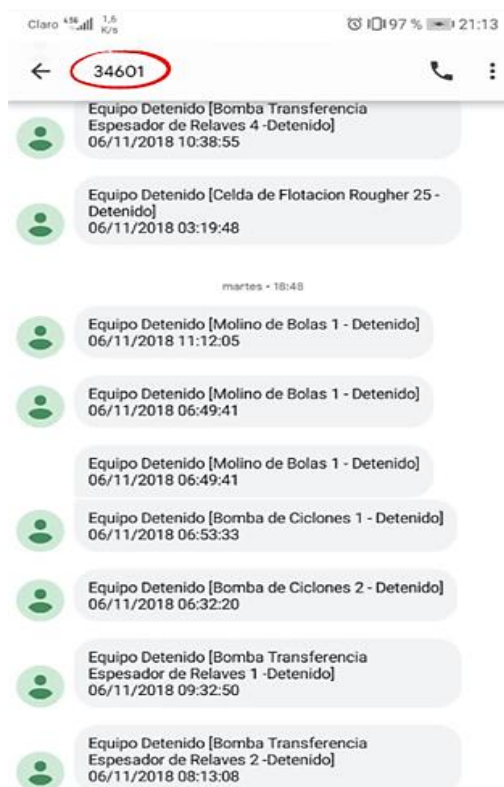
Filter	Name	Duration	Start Time	End Time	Description
Alertas-AF Event Frames	1 ... Next				
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-09 15:04:37.661	23:23:47:37.792	09/09/2018 03:04:37.661 PM	03/10/2018 02:52:15.453 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-10 13:05:07.987	2:1:53:29.435	10/09/2018 01:05:07.987 PM	12/09/2018 02:58:37.422 PM	
	EF PARADA DE BOMBA > 7d 2018-09-11 04:10:00.000	1:15:03:00	11/09/2018 04:10:00 AM	12/09/2018 07:13:00 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-11 16:33:15.322	23:28:45.531	11/09/2018 04:33:15.322 PM	12/09/2018 04:02:00.853 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-11 18:42:34.461	21:19:26.392	11/09/2018 06:42:34.461 PM	12/09/2018 04:02:00.853 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-11 18:42:34.461	1:4:02:06.076	11/09/2018 06:42:34.461 PM	12/09/2018 10:44:40.537 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 09:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 09:00:00 AM	12/09/2018 10:00:00 AM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 11:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 11:00:00 AM	12/09/2018 12:00:00 PM	
	Perdida de Conexión PLC 2018-09-12 12:57:47.012	0:00:52.063	12/09/2018 12:57:47.012 PM	12/09/2018 12:58:39.075 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 13:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 01:00:00 PM	12/09/2018 02:00:00 PM	
	Perdida de Conexión PLC 2018-09-12 13:07:59.086	0:00:48.016	12/09/2018 01:07:59.086 PM	12/09/2018 01:08:47.102 PM	
	Perdida de Conexión PLC 2018-09-12 13:09:34.025	1:59:11.041	12/09/2018 01:09:34.025 PM	12/09/2018 03:08:45.066 PM	
	Parada de Equipo 2018-09-12 14:53:39.245	0:57:16.27	12/09/2018 02:53:39.245 PM	12/09/2018 03:50:55.515 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 15:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 03:00:00 PM	12/09/2018 04:00:00 PM	
	Parada de Equipo 2018-09-12 15:52:47.079	0:00:17.266	12/09/2018 03:52:47.079 PM	12/09/2018 03:53:04.345 PM	
	Parada de Equipo 2018-09-12 16:00:59.993	0:01:45.501	12/09/2018 04:00:59.993 PM	12/09/2018 04:02:45.494 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-12 16:17:44.086	6:17:18.333	12/09/2018 04:17:44.086 PM	12/09/2018 10:35:02.419 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-12 16:17:44.086	6:26:56.451	12/09/2018 04:17:44.086 PM	12/09/2018 10:44:40.537 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 17:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 05:00:00 PM	12/09/2018 06:00:00 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 19:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 07:00:00 PM	12/09/2018 08:00:00 PM	
	EF PARADA DE BOMBA > 7d 2018-09-12 19:14:00.000	1:0:57:00	12/09/2018 07:14:00 PM	13/09/2018 08:11:00 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 21:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 09:00:00 PM	12/09/2018 10:00:00 PM	
	Status SE Modo Automatico: Activo 2018-09-12 22:39:36.251	0:05:04.286	12/09/2018 10:39:36.251 PM	12/09/2018 10:44:40.537 PM	
	EnviarAlertas 2018-09-12 23:00:00.000	1:00:00	12/09/2018 11:00:00 PM	13/09/2018 12:00:00 AM	

Fuente: Compañía Minera. PI AF System Explorer 2016

Estos marcos de eventos son usados de forma muy ventajosa para revisar las condiciones que fueron alertadas, el tiempo que estuvieron alertas y si fuese el caso exportar estos datos para a otra herramienta, como Microsoft Excel, ante esta evidencia se concluye que este requerimiento se llevó a cabo de forma correcta.

Asociado a ello, se evidencia que la alerta por SMS ha tenido un funcionamiento correcto, manteniendo un servicio de 24x7 al momento.

Figura 68: Alertas de detención de equipos enviadas por SMS



Fuente. Compañía Minera. Notificación SMS

5.2.3. PRUEBAS SOBRE REPORTES DESARROLLADOS EN PI SYSTEM

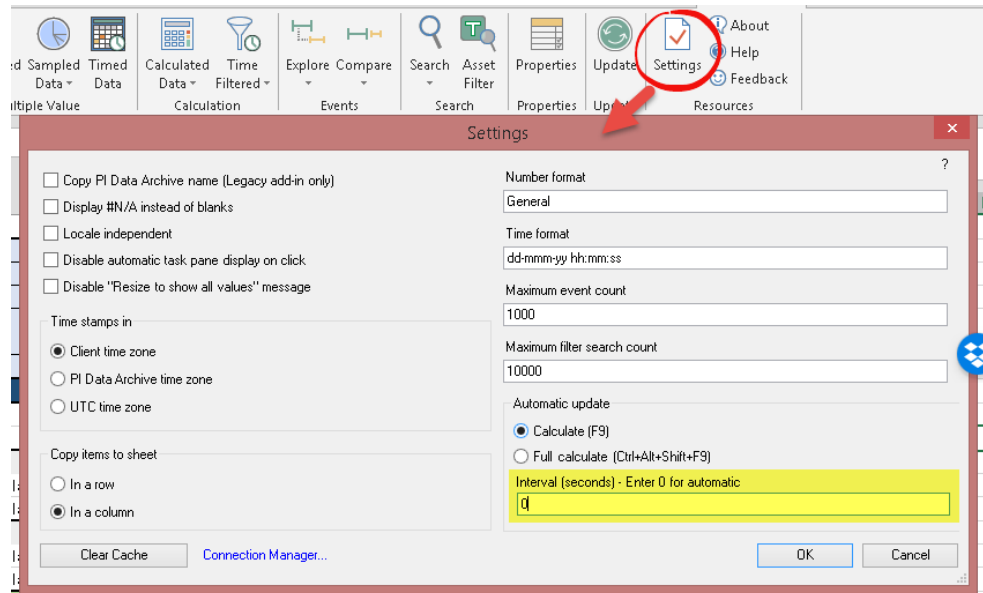
Las herramientas clientes de PI SYSTEM usadas en los diversos reportes, permiten a los usuarios crear pantallas y reportes interactivos para poder analizar y ver los datos almacenados en tiempo real, por lo cual las pruebas de esta sección están orientadas hacia la verificación y accesibilidad de los datos procesados (calculados).

5.2.3.1. Verificar la tasa de Actualización de Datos en las Herramientas Cliente: NF-2016-006

Los datos presentados por las herramientas cliente de PI SYSTEM, como es PI PROCESBOOK Y PI DATA LINK pueden llegar a manejar una tasa automática de actualización de datos de 5

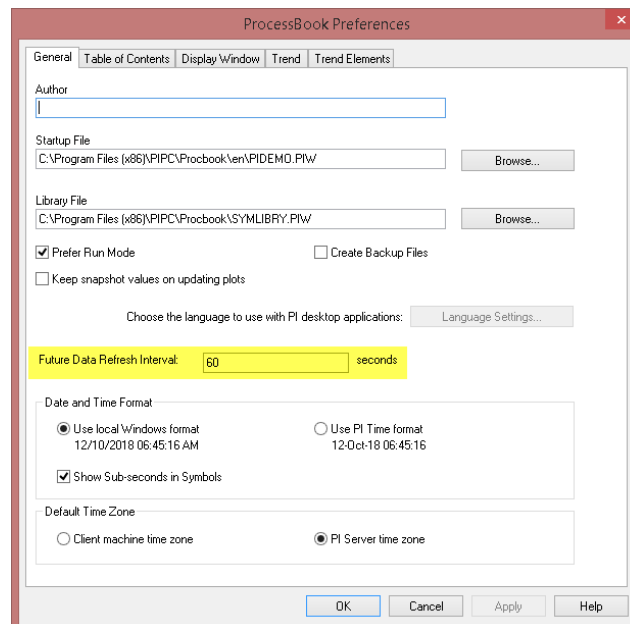
segundos, inclusive en ambos casos es posible configurar el tiempo de refresco hasta 1 segundo.

Figura 69: Configuración de Tasa de Actualización - PI DATALINK



Fuente: Compañía Minera. Microsoft Excel 2013, Add-in PI Data Link 2015

Figura 70: Configuración de Tasa de Actualización - PI PROCESSBOOK



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Tanto en las Figuras N° 69 y 70 se evidencian que las variables de refresco pueden ser modificadas, por lo tanto, esta prueba es satisfactoria, pero se recomienda mantener esta variable en 60 segundos para no saturar la carga de datos en el equipo cliente en cada actualización.

5.2.3.2. Verificar el acceso a la publicación de las Pantallas de PI Processbook (Local & Web): NF-2016-001

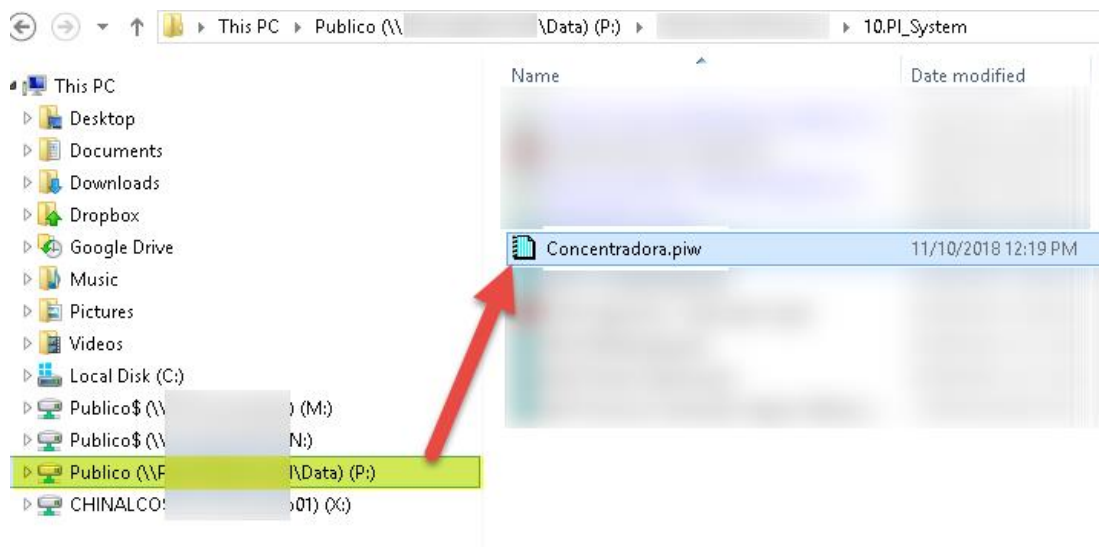
Las pantallas han sido desarrolladas y presentadas en una ruta pública para el uso interno de los trabajadores de la compañía, asimismo se publicó un acceso por la herramienta Citrix para su uso desde la nube considerando las políticas de seguridad. Por lo cual se realizaron las siguientes pruebas:

Tabla 46: Pruebas de Acceso a Pantallas – PI Processbook / Citrix

N° Prueba	Detalle de Prueba	Consideraciones	Resultado Esperado
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar en una PC enrolada en el dominio. 	La PC debe estar conectada a la red de la empresa y enrolada al dominio.	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso Correcto
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar desde un celular, vía Citrix. 	El celular puede estar conectado a Wi-Fi o Plan de Datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso Correcto

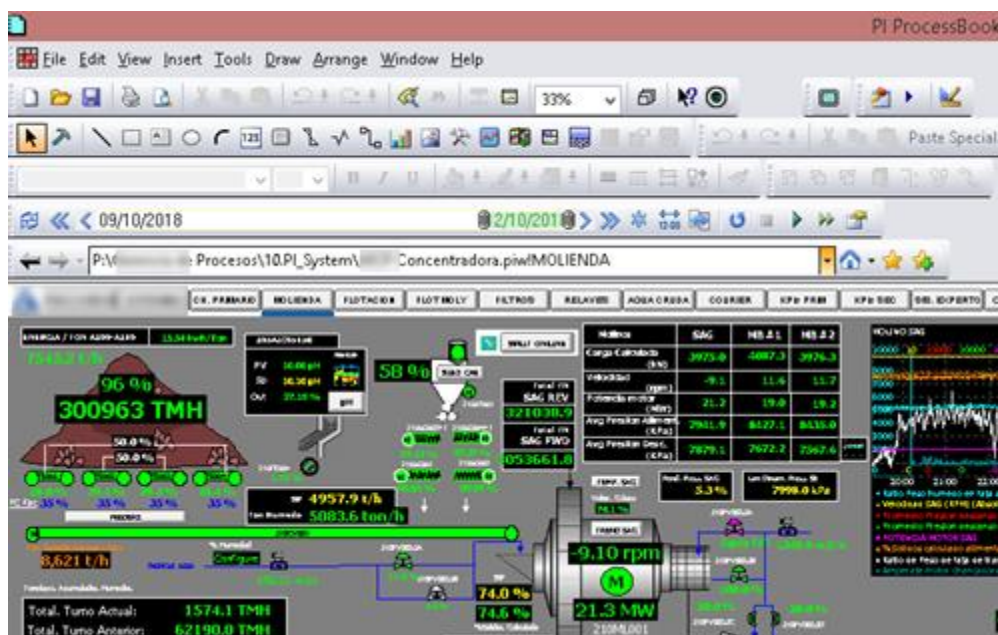
Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 71: Publicación del Libro de la Planta Concentradora en Unidad Pública de la Compañía - PI PROCESSBOOK



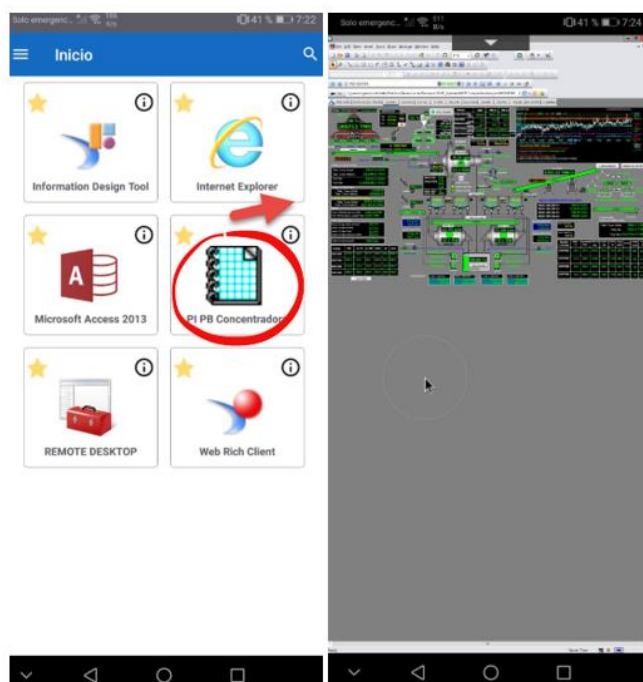
Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Figura 72: Resultado de Acceso a Libro de Processbook a través de la ruta pública - PI PROCESSBOOK



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Figura 73: Resultado de Acceso a Libro de Processbook a través de la Web - Citrix



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015 a través de Citrix.

En ambas pruebas efectuadas se ingresó, navegó e interactuó por todas las pantallas desarrolladas, por lo cual esta prueba se considera como **exitosa**.

5.2.3.3. Verificar las Pantallas de Control y Monitoreo en PI Processbook: HU-2016-005

Para la corroboración de los datos mostrados en este reporte se ha revisado la implementación durante los primeros 15 días bajo el siguiente checklist:

Figura 74: Checklist de cumplimiento de Requerimiento de Pantallas de Control y Monitoreo

Cumplimiento de Requerimiento de Pantallas de Control y Monitoreo																
Item	Requerimiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
1	Pantalla de Chancado: Contiene todos los equipos presentados en el diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Pantalla de Chancado: Todos los datos se muestran con normalidad			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Pantalla de Chancado: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Pantalla de Molienda: Contiene todos los equipos presentados en el diseño			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Pantalla de Molienda: Todos los datos se muestran con normalidad			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Pantalla de Molienda: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Pantalla de Flotación & Espesador Cu: Contiene todos los equipos presentados en el diseño				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Pantalla de Flotación & Espesador Cu: Todos los datos se muestran con normalidad						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Pantalla de Flotación & Espesador Cu: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Pantalla de Filtrado: Contiene todos los equipos presentados en el diseño							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Pantalla de Filtrado: Todos los datos se muestran con normalidad								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	Pantalla de Filtrado: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	Pantalla de Relaves: Contiene todos los equipos presentados en el diseño							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	Pantalla de Relaves: Todos los datos se muestran con normalidad										✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	Pantalla de Relaves: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad											✓	✓	✓	✓	✓
16	Pantalla de Courier: Contiene todos los equipos presentados en el diseño										✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	Pantalla de Courier: Todos los datos se muestran con normalidad											✓	✓	✓	✓	✓
18	Pantalla de Courier: Las animaciones en la pantalla se muestra con normalidad												✓	✓	✓	✓
Responsable: Ing. Senior Control de Procesos																

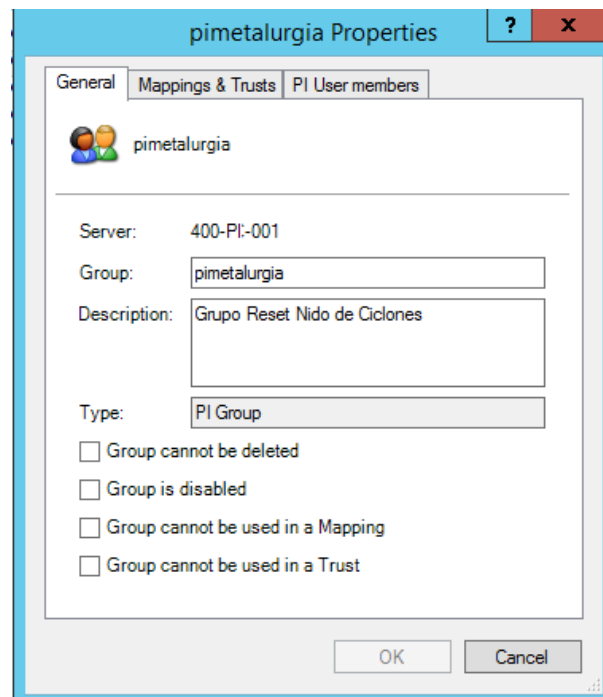
Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Posterior a la revisión de 7 días se aceptó el reporte por la Jefatura de Operaciones., por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.3.4. Validar las Pantallas de Reset de Horómetros desde PI SYSTEM: HU-2016-006

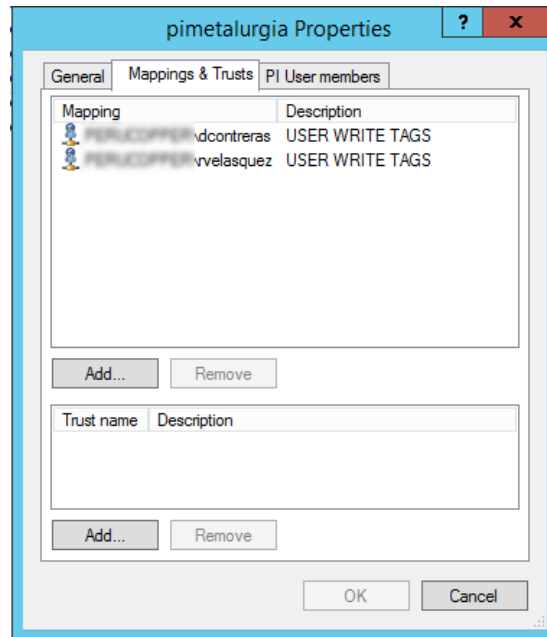
Las pantallas han sido desarrolladas y presentadas en una ruta pública para el uso interno de los trabajadores del área de Metalurgia, asimismo se publicó un acceso por la herramienta Citrix para su uso desde la nube considerando las políticas de seguridad. En este desarrollo, según el requerimiento, se consideró el acceso restringido a la escritura de datos sobre los horómetros para reiniciarlos al valor cero.

Figura 75: Grupo de PI para asociar usuarios de Metalurgia



Fuente: Compañía Minera. PI System Management Tools 2016

Figura 76: Usuarios asociados al Grupo PI de Metalurgia



Fuente: Compañía Minera. PI System Management Tools 2016

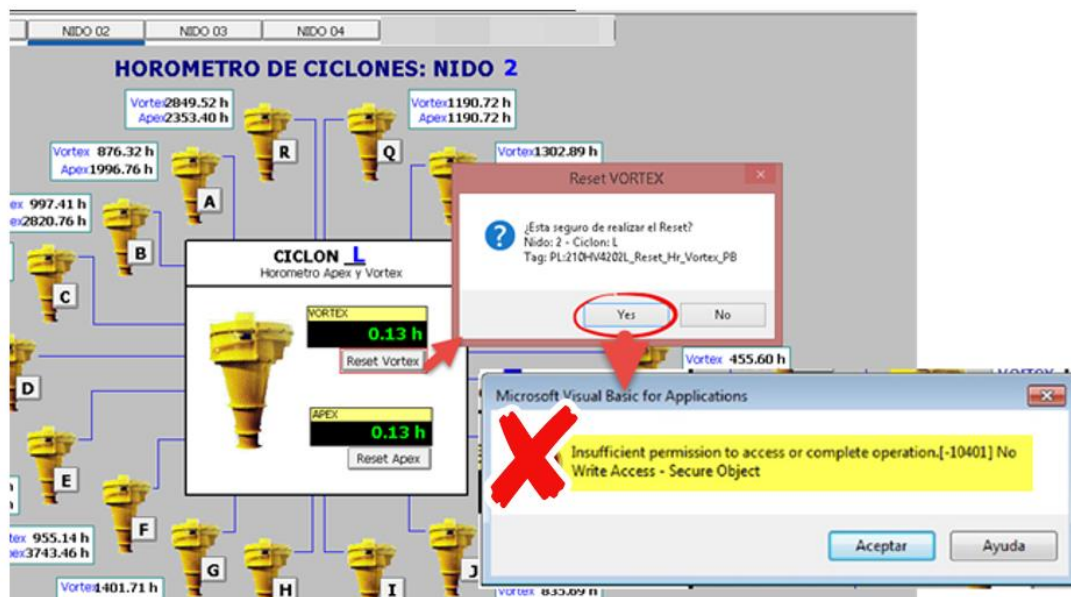
Las pruebas que se efectuaron para validar el funcionamiento de estas pantallas fueron las siguientes:

Tabla 47: Pruebas de Reseteo de Horómetros en Pantallas de Metalurgia - PI Processbook

N° Prueba	Detalle de Prueba	Consideraciones	Resultado Esperado
1	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar al Libro de Processbook de Metalurgia • Identificarse con usuario de dominio no autorizado 	La PC debe estar conectada a la red de la empresa y enrolada al dominio.	<ul style="list-style-type: none"> • Reset Incorrecto
2	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar al Libro de Processbook de Metalurgia con usuario del dominio autorizado (Metalurgia) 	La PC debe estar conectada a la red de la empresa y enrolada en el dominio.	<ul style="list-style-type: none"> • Reset Correcto

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Figura 77: Resultado de la Prueba N° 1 del Reset de Ciclones – PI Processbook



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

Figura 78: Resultado de la Prueba N° 2 del Reset de Ciclones – PI Processbook



Fuente: Compañía Minera. PI Processbook 2015

De las pruebas efectuadas, se concluye que los resultados son exitosos con respecto a los permisos asignados al grupo de usuarios de Metalurgia.

5.2.3.5. Verificar el Reporte Diario de KPIs Operacionales: HU-2016-008

Para corroboración de los datos mostrados en este reporte se ha revisado durante los primeros 7 días bajo el siguiente checklist:

Figura 79: Checklist de cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de KPIs Operacionales

Cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de KPIs Operacionales								
Item	Requerimiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
1	El reporte se envía a las 7.15 am		✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	El correo tiene adjunto el archivo PDF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	El PDF tiene un tamaño menor a los 500 KB			✓	✓	✓	✓	✓
4	La fecha de consulta es correcta (1 día anterior)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Los datos mostrados en los rangos mínimos y máximos son correctos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Los valores del turno día y noche han sido calculados de forma correcta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Las horas operativas han sido calculadas de forma correcta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Las gráficas reflejan los valores calculados en el reporte		✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Los formatos de colores están acorde a lo solicitado			✓	✓	✓	✓	✓
10	Los totalizadores se muestran correctamente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Responsable: Ingeniero Senior de Control de Procesos								

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Posterior a la revisión de 7 días se aceptó el reporte por la Jefatura de Operaciones., por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.3.6. Verificar el Reporte Diario de Operaciones (Área 210): HU-2016-009

Para corroboración de los datos mostrados se puso un piloto de 7 días bajo el siguiente checklist:

Figura 80: Checklist de cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de Operaciones (Área 210)

Cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de Operaciones (Molienda)								
Item	Requerimiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
1	El archivo excel se encuentra en un ruta de facil acceso (Unidad Publica)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	El archivo excel se abre sin problemas en el equipo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Los calculos realizados en el archivo excel cargan satisfactoriamente		✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Las graficas (tendencias) cargan sin problemas				✓	✓	✓	✓
5	El formato (letra, color) usado en el reporte es el correcto		✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Los valores del Molino SAG son correctos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Los Valores de Molino de Bolas 1 son correctos			✓	✓	✓	✓	✓
8	Los Valores de Molino de Bolas 2 son correctos			✓	✓	✓	✓	✓
9	Los Valores del Stockpile son correctos			✓	✓	✓	✓	✓
10	Los Valores de las Chancadoras Pebbles son correctos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Los Valores de los Nidos de Ciclones son correctos				✓	✓	✓	✓
Responsable: Jefe de Guardia: Turno 1								

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Posterior a la revisión de 7 días se aceptó el reporte por la Jefatura de Operaciones., por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.3.7. Verificar el Reporte Diario de Producción vs Costos: HU-2016-013

Para confirmación de los datos mostrados en el reporte se consideró un piloto de 10 días, para trabajar en mejoras en conjunto con el usuario solicitante bajo el siguiente checklist:

Figura 81: Checklist de Cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de Producción vs Costos

Cumplimiento de Requerimiento de Reporte Diario de Producción vs Costos												
Item	Requerimiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	
1	El archivo excel se encuentra en un ruta de facil acceso (Unidad Publica)			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	El archivo excel se abre sin problemas en el equipo			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Los calculos realizados en el archivo excel cargan satisfactoriamente		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	Las gráficas (tendencias) cargan sin problemas				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	El formato (letra, color) usado en el reporte es el correcto			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6	Los Valores del grupo de Molino SAG son correctos, coincide con el reporte de Planta		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
7	Los Valores del grupo de Concentrado son correctos, coincide con el reporte de Metalurgia			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	Los Valores de consumos y ratios son correctos, coinciden los datos mostrados en SAP					✓	✓	✓	✓	✓	✓	
9	Los Valores de costos son correctos, coinciden los datos mostrados en SAP				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	Los Valores del Budget son correctos, estan actualizados con el reportado por la Gerencia de Costos y Finanzas				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Responsable: Analista de Costos - Planta												

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Posterior a la revisión de 10 días se aceptó el reporte por el Jefatura de Costos Planta, por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.3.8. Verificar el Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico: HU-2016-012

Para confirmación de los datos mostrados en el reporte se consideró un piloto de 5 días, para trabajar en mejoras en conjunto con el usuario solicitante bajo el siguiente checklist:

Figura 82: Checklist de Cumplimiento de Requerimiento de Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico

Cumplimiento de Requerimiento de Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico						
Item	Requerimiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	El archivo excel se encuentra en un ruta de facil acceso (Unidad Publica)	✓	✓	✓	✓	✓
2	El archivo excel se abre sin problemas en el equipo	✓	✓	✓	✓	✓
3	Los calculos realizados en el archivo excel cargan satisfactoriamente		✓	✓	✓	✓
4	Las gráficas (tendencias) cargan sin problemas			✓	✓	✓
5	El formato (letra, color) usado en el reporte es el correcto		✓	✓	✓	✓
6	Los botones cumplen su función correctamente			✓	✓	✓
7	Los valores mostrados respecto al Tamaño en Pulgadas y milímetros son correctos.	✓	✓	✓	✓	✓
8	El valor de la curva patrón son correctos		✓	✓	✓	✓
9	El promedio asociado a las mallas es correcto		✓	✓	✓	✓
10	Los valores actuales de referencia son utiles para el reporte		✓	✓	✓	✓
11	Los valores del SplitF80 es correcto	✓	✓	✓	✓	✓
12	Los valores asociados a los Finos, Semifinos, Intermedio, Grueso y Top Size son correctos	✓	✓	✓	✓	✓
Responsable: Analista de Planeamiento, Mina						

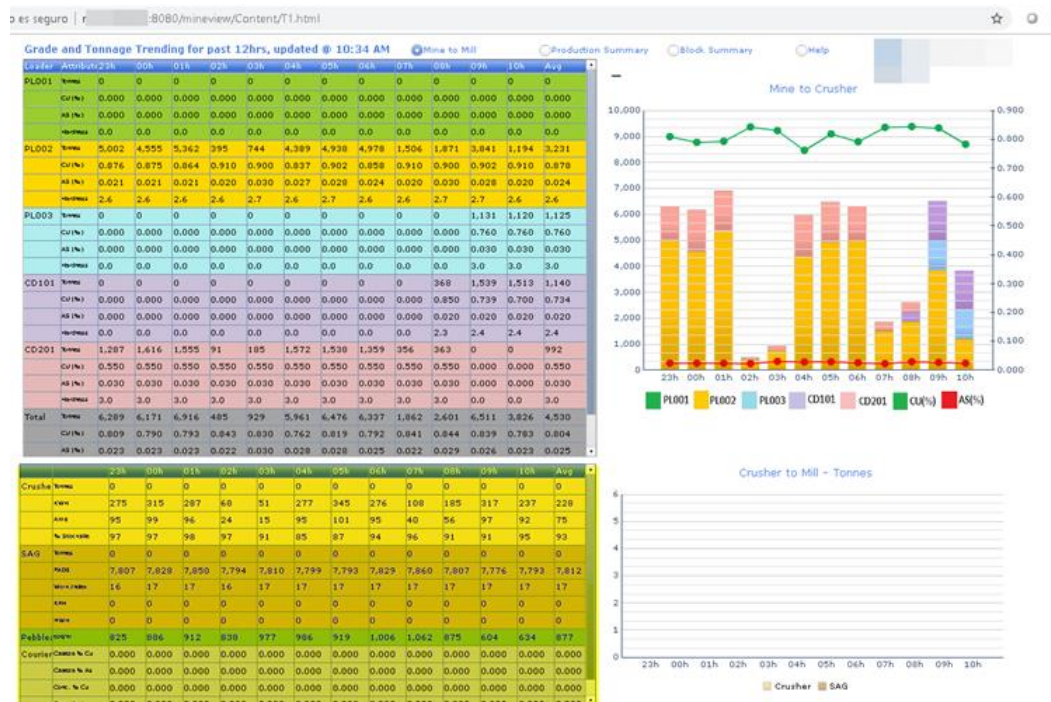
Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

Posterior a la revisión de 5 días se aceptó el reporte por la Jefatura de Planeamiento - Mina, por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.3.9. Vista de SQL Server de Datos Planta (PI SYSTEM): HU-2016-011

En base a los datos mostrados en la vista de SQL Server con datos de PI SYSTEM se implementaron ciertos Dashboard en SAP BUSINESS OBJECT, como el de Grado y Tonelaje, Resumen de Producción.

Figura 83: Dashboard de Grado y Tonelaje 12 horas de SAP BUSINESS OBJECT



Fuente: Compañía Minera. SAP Business Object

Figura 84: Dashboard de Resumen de Producción 12 horas de SAP BUSINESS OBJECT

No es seguro | 3:8080/mineview/Content/T1.html

Grade and Tonnage Trending for past 12hrs, updated @ 10:44 AM

Mine to Mill Production Summary Block Summary Help

Production Summary

	Day			Month			Year		
	Real	Budget	%	Real	Budget	%	Real	Budget	%
Total Tons (Wet Tons)	442,251	-	-	41,241,873	-	-	94,869,907	-	-
Ore to Crusher (DMT)	105,031	-	-	821,859	-	-	24,159,721	-	-
Cu (%)	0.880	-	-	0.763	-	-	0.730	-	-
As (%)	0.040	-	-	0.030	-	-	0.030	-	-
Ag (g/ton)	6.87	-	-	5.67	-	-	6.59	-	-
Milled Tonnes	102,911	-	-	808,400	-	-	24,238,070	-	-
Copper Content (Tons)	694	-	-	4,975	-	-	138,091	-	-
As < 0.5 (Conc. Tons)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As 0.5-1.0 (Conc. Tons)	3,450	-	-	-	-	-	-	-	-
As 1-1.5 (Conc. Tons)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As> 1.5 (Conc. Tons)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Day			Month			Year		
	Real	Forecast	%	Real	Forecast	%	Real	Forecast	%
Ore to Crusher (DMT)	105,031	114,056	-8.59%	821,859	914,657	-11.29%	24,159,721	25,074,378	-3.79%
Cu (%)	0.880	0.690	21.59%	0.763	0.710	6.95%	0.730	0.729	0.10%
As (%)	0.040	0.030	25.00%	0.030	0.020	33.33%	0.030	0.030	1.22%
Ag (g/ton)	6.87	5.18	24.60%	5.670	5.180	8.64%	6.59	6.54	0.78%
Milled Tonnes	102,911	114,056	-10.83%	808,400	914,657	-13.14%	24,238,070	25,074,378	-3.45%
Copper Content (Tons)	694	609	12.22%	4,975	5,079	-2.09%	138,091	143,170	-3.68%

This table contains PI data from 12 octubre

Fuente: Compañía Minera. SAP Business Object

Esta vista SQL fue aprobada por la Jefatura de Planeamiento Mina, es por ello que fue implementada en sus Dashboards de SAP BUSINESS OBJECT, por lo cual este requerimiento tuvo una prueba exitosa.

5.2.4. RESUMEN DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS EN BASE A OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación, se detalla en la **Tabla N° 48**, un resumen de todos los resultados obtenidos, vinculados a los objetivos específicos de la presente tesis.

Tabla 48: Resumen de Pruebas y Resultados Obtenido

Objetivo Específico	Código Historia de Usuario	Tipo Requerimiento	Requerimiento	Diseño	Construcción	Prueba	Cumplimiento
(1) Evaluar la infraestructura actual de los sistemas de control implementados y la adquisición de datos.	x	x	x	x	x	4.2.1. Viabilidad Técnica 4.2.1.1. Evaluación de la Infraestructura	100.00%
(2) Implantar PI System en la planta concentradora, considerando la integración con los servidores del DCS y de proveedores terceros.	HU-2016-001	Funcional	Colectar Datos de Equipos de Planta	4.3.2. Diseño del módulo de colección de señales: HU-2016-001, HU-2016-002	5.1.1.2. Configuración de PI Interfaces para Colectar Datos: HU-2016-001	5.2.1.1. Verificar la compatibilidad de la versión del OPC Server para la colección de datos 5.2.1.2. Evaluación de la Configuración de Interfaces Activas de PI SYSTEM	100.00%
	HU-2016-002	Funcional	Historizar Datos de Equipos de Planta	4.3.2. Diseño del módulo de colección de señales: HU-2016-001, HU-2016-002	5.1.1.3. Configuración de PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 5.1.1.4. Creación de los	5.2.2.2. Pruebas de Caja Negra para validar la correcta Captura e Historización de los Tags: HU-2016-002	100.00%

Objetivo Específico	Código Historia de Usuario	Tipo Requerimiento	Requerimiento	Diseño	Construcción	Prueba	Cumplimiento
					Tags en el PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 , NF-2016-002		
	HU-2016-003	Funcional	Definir Políticas de Acceso y Seguridad Integrada a Windows	4.3.4. Diseño del esquema de acceso y seguridad: HU-2016-003	5.1.1.3. Configuración de PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 5.1.1.4. Creación de los Tags en el PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 , NF-2016-002	5.2.2.4. Pruebas de Caja Negra para Evaluar las Políticas de Acceso y Seguridad: HU-2016-003	100.00%
	HU-2016-004	Funcional	Optimizar calidad y cantidad de datos con un ratio 1:10	4.3.5. Diseño de la optimización de datos capturados de señales analógicas: HU-2016-004	5.1.1.3. Configuración de PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 5.1.1.4. Creación de los Tags en el PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 , NF-2016-002	5.2.2.5. Verificar la Optimización del Almacenamiento de Datos en un ratio 1:10: HU-2016-004	37.00%

Objetivo Específico	Código Historia de Usuario	Tipo Requerimiento	Requerimiento	Diseño	Construcción	Prueba	Cumplimiento
	NF-2016-002	No Funcional	Aplicar estándar ANSI/ISA-5.1-2009	4.3.3. Diseño de estructura de nombres de tags según el estándar ANSI/ISA-5.1-2009: NF-2016-002	5.1.1.4. Creación de los Tags en el PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004 , NF-2016-002	5.2.2.6. Verificar el uso del estándar ANSI/ISA-5.1.1-2009 para la denotación de los tags: NF-2016-002	90.00%
	NF-2016-004	No Funcional	El sistema de almacenamiento debe soportar alta disponibilidad.	5.1.1.1. Configuración de Alta Disponibilidad: NF-2016-004	5.1.1.2. Configuración de PI Interfaces para Colectar Datos: HU-2016-001 5.1.1.3. Configuración de PI Data Archive para Historizar Datos: HU-2016-002, HU-2016-003, HU-2016-004	5.2.2.3. Pruebas de Caja Negra para evaluar la Alta Disponibilidad: NF-2016-004	100.00%
	HU-2016-007	Funcional	Implementar el árbol de activos en base a la estructura informada por Mantenimiento / Confiabilidad.	4.3.8. Diseño de Estructura de Activos para PI AF: HU-2016-007	5.1.4.1. Carga de Estructura de Equipos Implementados: HU-2016-007	5.2.2.7. Pruebas de Acceso a la Estructura de Activos Implementado en PI AF: HU-2016-007	100.00%
	HU-2016-010	Funcional	Crear Alertas / Notificaciones por Correo Electrónico	4.3.9. Diseño de Alertas y Notificaciones de Condiciones Anormales: HU-2016-010	5.1.4.2. Implementación de Alertas y Notificaciones por Correo: HU-2016-010	5.2.2.8. Pruebas y Evidencias de Alertas & Notificaciones en PI AF: HU-2016-010	100.00%
	NF-2016-005	No Funcional	Los servidores deben cumplir las políticas de seguridad	4.3.2.1. Configuración de Hardware de Servidores	x	5.2.2.1. Verificar las políticas de seguridad en los servidores : NF-2016-005	100.00%

Objetivo Específico	Código Historia de Usuario	Tipo Requerimiento	Requerimiento	Diseño	Construcción	Prueba	Cumplimiento
(3) Implementar reportes con las herramientas cliente de PI System: PI Processbook, PI Datalink y PI OLEDB Enterprise	NF-2016-006	No Funcional	Taza de actualización de datos, mínimo de 5 segundos.	x	x	5.2.3.1. Verificar la tasa de Actualización de Datos en las Herramientas Cliente: NF-2016-006	100.00%
	HU-2016-005	Funcional	Desarrollar pantallas general de control y monitoreo	4.3.6. Diseño de Pantallas de Control y Monitoreo: HU-2016-005	5.1.2. Desarrollo de Pantallas de Control y Monitoreo: HU-2016-005	5.2.3.3. Verificar las Pantallas de Control y Monitoreo en PI Processbook: HU-2016-005	100.00%
	HU-2016-006	Funcional	Desarrollar pantallas de control de horómetros - metalurgia	4.3.7. Diseño de Pantallas de Control de Reset de Horómetros - Metalurgia: HU-2016-006	5.1.3. Desarrollo de Pantallas de Reset de Horómetros (Metalurgia): HU-2016-006	5.2.3.4. Validar las Pantallas de Reset de Horómetros desde PI SYSTEM: HU-2016-006	100.00%
	HU-2016-008	Funcional	Implementar envío automático de reporte de cumplimiento de KPIs para el Área 210.	4.3.10. Diseño de Reporte Diario de Cumplimiento de KPIs (Área 210): HU-2016-008	5.1.5. Desarrollo del Reporte Diario de KPIs: HU-2016-008	5.2.3.5. Verificar el Reporte Diario de KPIs Operacionales: HU-2016-008	100.00%
	HU-2016-009	Funcional	Crear un reporte dinámico de operación planta por guardia	4.3.11. Diseño del Reporte Diario de Operaciones Planta (Área 210): HU-2016-009	5.1.6. Desarrollo del Reporte Diario de Operaciones (Área Molienda): HU-2016-009	5.2.3.6. Verificar el Reporte Diario de Operaciones (Área 210): HU-2016-009	100.00%
	HU-2016-011	Funcional	Crear Vistas SQL sobre datos de Planta para el área de Mina	4.3.14. Diseño de Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM): HU-2016-011	5.1.9. Desarrollo de Vistas SQL Server sobre datos de Planta (PI SYSTEM)	5.2.3.9. Vista de SQL Server de Datos Planta (PI SYSTEM) : HU-2016-011	100.00%

Objetivo Específico	Código Historia de Usuario	Tipo Requerimiento	Requerimiento	Diseño	Construcción	Prueba	Cumplimiento
	HU-2016-012	Funcional	Crear Reporte Excel con parámetros dinámicos del SPLIT ONLINE Palas 1 y 2	4.3.13. Diseño del Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online): HU-2016-012	5.1.8. Desarrollo de Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico (Split Online): HU-2016-012	5.2.3.8. Verificar el Reporte por Periodo de Perfil Granulométrico: HU-2016-012	100.00%
	HU-2016-013	Funcional	Crear Reporte Diario de Producción para el Área de Costos	4.3.12. Diseño del Reporte Diario de Producción vs Costos (Planta): HU-2016-013	5.1.7. Desarrollo del Reporte Diario de Producción vs Costos: HU-2016-013	5.2.3.7. Verificar el Reporte Diario de Producción vs Costos: HU-2016-013	100.00%
	NF-2016-001	No Funcional	Accesibilidad a las pantallas de control y monitoreo	x	x	5.2.3.2. Verificar el acceso a la publicación de las Pantallas de PI Processbook (Local & Web)	100.00%
	NF-2016-003	No Funcional	Recibir alertas/notificaciones por SMS	x	5.1.4.3. Implementación de Alertas y Notificaciones por SMS: NF-2016-003	5.2.2.8. Pruebas y Evidencias de Alertas & Notificaciones en PI AF: HU-2016-010	100.00%

Fuente: Elaboración propia

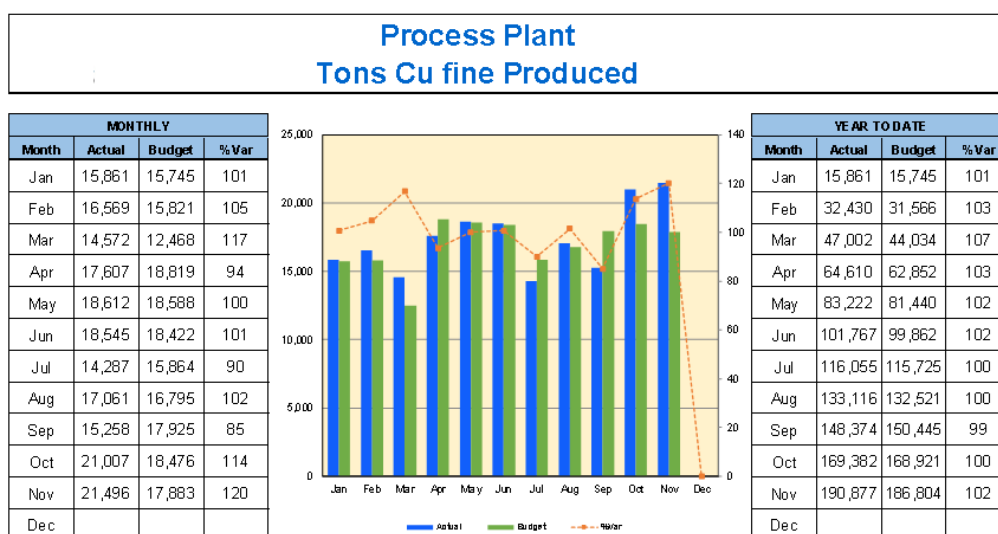
5.2.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMPAÑÍA MINERA RESPECTO AL PROBLEMA GENERAL

Al concluir la implementación e integración de PI SYSTEM en la compañía minera, se procedió a evaluar los indicadores iniciales que situaban la compañía ante la necesidad de una Mejora del Proceso de la Planta Concentradora, respecto al incumplimiento de los objetivos de producción y el costo elevado que generaba el área de mantenimiento.

5.2.5.1. Resultados de la Producción del Periodo 2017

Respecto a la producción de Concentrado Fino de Cobre, en el periodo 2017, se obtuvo el siguiente resultado al mes de noviembre:

Figura 85: Reporte de Tonelaje Concentrado Fino Producido - 2017



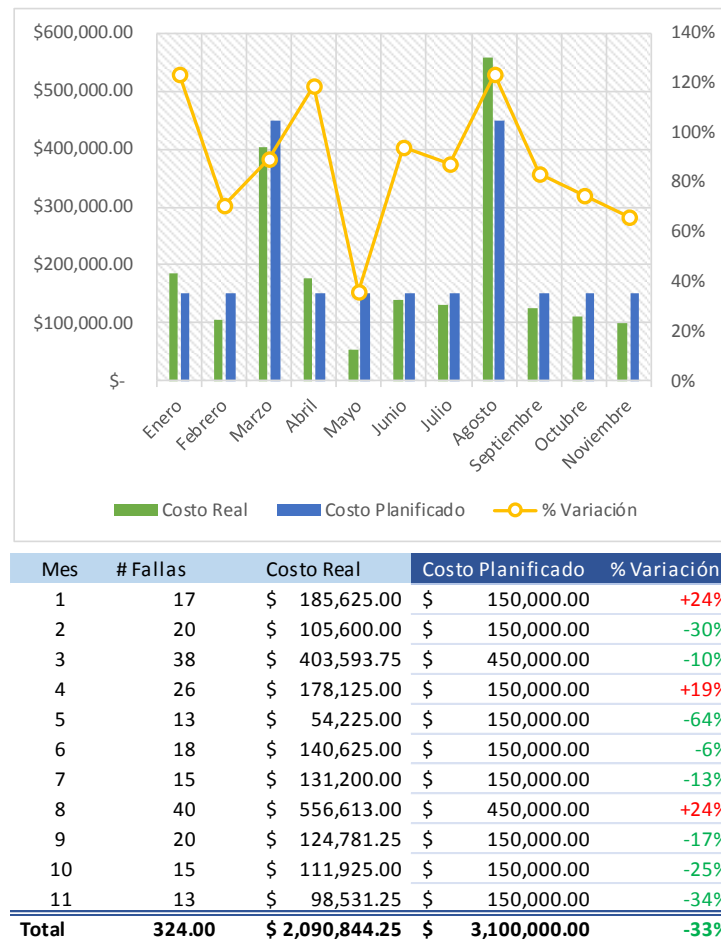
Fuente: Compañía Minera, Reporte Mensual de Producción

En la Figura N° 85 se evidencia, en relación al acumulado anual, que se ha sobrepasado la producción en un 2%, lo cual es un indicador positivo respecto al año 2016.

5.2.5.2. Resumen de Costos de Mantenimiento 2017

En relación a los costos de mantenimiento en el periodo del 2017, se tiene el siguiente análisis de costos hasta el mes de noviembre sobre el presupuesto asignado a Mantenimiento y Reparación por Fallas de Equipos.

Figura 86: Reporte de Cumplimiento de Costos de Mantenimiento por Fallas de Equipos - 2017



Fuente: Compañía Minera, Reporte de Costos de Área de Mantenimiento

En la Figura N° 86 se evidencia que las fallas de equipos han disminuido con respecto al periodo 2016, por lo cual se denota una clara mejora con respecto al uso del presupuesto, teniéndose un ahorro actual del 33%.

5.2.5.3. Impacto de la Implementación e Integración de PI System en la compañía minera

Para evaluar el impacto de PI System en la compañía minera, se ha ejecutado una encuesta en línea, según el Anexo 27: ENCUESTA EN GOOGLE FORMS REFERENTE AL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM, al personal de mando medio y alto de la vicepresidencia de operaciones planta, respecto a que herramientas usan para el análisis de datos y la valoración que tienen respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora de la compañía minera. Esta encuesta se aplicó realizando un muestreo no probabilístico por juicio, debido a que el grupo objetivo de la vicepresidencia de operaciones planta de 76 personas es el área crítica donde se obtuvieron la mayor cantidad de requerimientos para este trabajo y tienen relación directa con la decisión respecto a la mejora de procesos en planta.

Figura 87: Frecuencias de la Encuesta: Impacto de la Integración e Implantación de PI System

		(1) ¿En que área trabaja?	(2) ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	(3) ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?	(4) Si usa PI System ¿Qué herramientas de PI System usa regularmente?	(5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?
N	Válido	76	76	75	68	76
	Perdidos	0	0	1	8	0

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

Figura 88: Resultados de Frecuencia: Impacto de la Integración e Implantación de PI System - Pregunta 1

(1) ¿En que área trabaja?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Planta	48	63,2	63,2	63,2
	Mantenimiento	12	15,8	15,8	78,9
	Metalurgia	11	14,5	14,5	93,4
	Control de Procesos	3	3,9	3,9	97,4
	Costos	2	2,6	2,6	100,0
	Total	76	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

Figura 89: Resultados de Frecuencia: Impacto de la Integración e Implantación de PI System - Pregunta 2

(2) ¿Qué cargo desempeña en la empresa?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Técnico	9	11,8	11,8	11,8
	Ingeniero	34	44,7	44,7	56,6
	Ingeniero Senior	8	10,5	10,5	67,1
	Supervisor	17	22,4	22,4	89,5
	Jefe	4	5,3	5,3	94,7
	Gerente	3	3,9	3,9	98,7
	VP	1	1,3	1,3	100,0
	Total	76	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

Figura 90: Resultados de Frecuencia: Impacto de la Integración e Implantación de PI System - Pregunta 3

(3) ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	PI System	62	81,6	82,7	82,7
	System 800 xa	9	11,8	12,0	94,7
	Logix 5000	1	1,3	1,3	96,0
	Otros	3	3,9	4,0	100,0
	Total	75	98,7	100,0	
Perdidos	Sistema	1	1,3		
Total		76	100,0		

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

Figura 91: Resultados de Frecuencia: Impacto de la Integración e Implantación de PI System - Pregunta 4

(4) Si usa PI System ¿Qué herramientas de PI System usa regularmente?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	PI Processbook	37	48,7	54,4	54,4
	PI Datalink	21	27,6	30,9	85,3
	PI AF	10	13,2	14,7	100,0
	Total	68	89,5	100,0	
Perdidos	Sistema	8	10,5		
Total		76	100,0		

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

Figura 92: Resultados de Frecuencia: Impacto de la Integración e Implantación de PI System - Pregunta 5

(5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	En desacuerdo	10	13,2	13,2	13,2
	No estoy seguro	12	15,8	15,8	28,9
	De acuerdo	50	65,8	65,8	94,7
	Muy de acuerdo	4	5,3	5,3	100,0
	Total	76	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia. SPSS versión 25

En base a los resultados de las Figuras N° 88, 89, 90, 91 y 92, se han realizado las siguientes pruebas estadísticas a través del programada SPSS versión 25:

- Respecto al impacto positivo de la implementación e integración del PI System en la compañía minera se tiene los siguientes enunciados a analizar:

H_0 = El software de PI System NO tiene un impacto positivo en la mejora de procesos.

H_1 = El software de PI System SI tiene un impacto positivo en la mejora de procesos.

Para lo cual se realizó la prueba de X^2 (chi cuadrado) para evaluar la dependencia entre el resultado de la pregunta 2 y 5, que se evidencian en las Figuras N° 90 y 92 respectivamente.

Figura 93: Resultados de la Prueba de X^2 respecto a los resultados de la encuesta de la pregunta N° 2 y 5

Tabla cruzada (5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora? (3) ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?

% del total		(3) ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?				
		PI System	System 800 xa	Logix 5000	Otros	Total
(5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?	En desacuerdo	12,0%	1,3%			13,3%
	No estoy seguro	5,3%	4,0%	1,3%	4,0%	14,7%
	De acuerdo	60,0%	6,7%			66,7%
	Muy de acuerdo	5,3%				5,3%
Total		82,7%	12,0%	1,3%	4,0%	100,0%

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	29,479 ^a	9	,001
Razón de verosimilitud	22,227	9	,008
Asociación lineal por lineal	3,651	1	,056
N de casos válidos	75		

a. 12 casillas (75,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,05.

Fuente: (Recopilación Propia, Software SPSS versión 25)

Del resultado que se obtiene en la Figura N° 93, se evidencia que el valor de X^2 es menor a 0,05. Por lo cual, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa: El software de PI System SI tiene un impacto positivo en la mejora de procesos.

- Para evaluar qué área tiene más relación con el uso de PI System en la compañía minera, se utiliza la herramienta de Tabla Cruzada.

Figura 94: Tabla cruzada ¿En qué área trabaja? * ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?

			¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?				
			PI System	System 800 xa	Logix 5000	Otros	Total
¿En que área trabaja?	Planta	Recuento	42	5	0	1	48
		% dentro de ¿En que área trabaja?	87,5%	10,4%	0,0%	2,1%	100,0%
	Mantenimiento	Recuento	12	0	0	0	12
		% dentro de ¿En que área trabaja?	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Metalurgia	Recuento	8	1	1	1	11
		% dentro de ¿En que área trabaja?	72,7%	9,1%	9,1%	9,1%	100,0%
	Control de Procesos	Recuento	0	3	0	0	3
		% dentro de ¿En que área trabaja?	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Costos	Recuento	0	0	0	1	1
		% dentro de ¿En que área trabaja?	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
Total	Recuento	62	9	1	3	75	
	% dentro de ¿En que área trabaja?	82,7%	12,0%	1,3%	4,0%	100,0%	

Fuente: (Recopilación Propia, Software SPSS versión 25)

En el área de planta (97,5%), mantenimiento (100,0%) y metalurgia (72,7%), según se evidencia en la figura N° 94, PI System es una herramienta clave usada para el análisis de los datos operativos de la planta concentradora y mantiene un involucramiento clave en los procesos de estas áreas.

- Para evaluar que herramientas prefieren usar para el análisis de datos operativos en relación a los cargos, se utiliza la herramienta de Tabla Cruzada.

Figura 95: Tabla cruzada ¿Qué cargo desempeña en la empresa? * ¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?

¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora?								
			PI System	System 800 xa	Logix 5000	Otros	Total	
¿Qué cargo desempeña en la empresa?	Técnico	Recuento	8	0	0	1	9	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	88,9%	0,0%	0,0%	11,1%	100,0%	
	Ingeniero	Recuento	22	9	1	1	33	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	66,7%	27,3%	3,0%	3,0%	100,0%	
	Ingeniero Senior	Recuento	8	0	0	0	8	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	Supervisor	Recuento	16	0	0	1	17	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	94,1%	0,0%	0,0%	5,9%	100,0%	
	Jefe	Recuento	4	0	0	0	4	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	Gerente	Recuento	3	0	0	0	3	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	VP	Recuento	1	0	0	0	1	
		% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
Total			Recuento	62	9	1	3	75
			% dentro de ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	82,7%	12,0%	1,3%	4,0%	100,0%

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

En la Figura N° 95, se evidencia que los mandos altos, como son Vicepresidente (VP), Gerentes y Jefes prefieren en un 100% usar PI System para el análisis de datos, mientras en el resto de cargos también mantienen una clara preferencia por el PI System.

- Por último, se comprueba si existe correlación entre los cargos de los trabajadores con respecto a la valoración de PI System para el análisis de datos e impacto positivo que puede generar, por lo cual se realiza un análisis de correlación entre estas variables usando el Rho de Sperman.

Figura N° 1 Rho de Spearman: ¿Qué cargo desempeña en la empresa?* Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?

Correlaciones			
		(2) ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	(5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?
(2) ¿Qué cargo desempeña en la empresa?	Correlación de Pearson	1	,406**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	76	76
(5) Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis de datos operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora?	Correlación de Pearson	,406**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	76	76

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Compañía Minera. Elaboración propia

En la Figura N° 96, del análisis de Rho de Spearman se establece que existe un nivel de correlación significativo, y al tener un símbolo positivo quiere decir que tienen una correlación directa, cuando mayor es el cargo mayor será la apreciación respecto al impacto positivo de PI System en el cumplimiento del plan de producción.

De las pruebas realizadas, se concluye que PI SYSTEM se ha posicionado como la principal herramienta para explotar los datos de la Planta Concentradora, y el 65.3 % del personal encuestado de operaciones percibe que gracias a esta herramienta se tiene un impacto positivo sobre las mejoras en el proceso de la planta concentradora, y según el análisis de correlación, la valoración del impacto positivo sobre el cumplimiento de producción es más aceptado en los mandos altos.

CONCLUSIONES

1. La factibilidad de la integración de los sistemas de control se realizó mediante una evaluación de la infraestructura actual de las soluciones implementadas orientados a evaluar la tecnología existente, origen de datos y protocolos en común, con ello se evidenció que el equipamiento requerido podía ser utilizado para la adquisición de datos, mediante el uso de los servidores OPC relacionados, por ser una tecnología común y confiable diseñada para comunicar datos de forma segura y operativa entre aplicaciones en la industria de la automatización.
2. La integración de los datos operativos de la planta concentradora se logró con la implementación del PI System con un servicio de alta disponibilidad, como una herramienta de colección e historización de datos, con una conexión transparente hacia los servidores asociados a los sistemas críticos de la planta, utilizando protocolos estándares y sin causar impactos en la operación actual de los otros sistemas, pero aún se tiene por mejorar la optimización del uso del almacenamiento de disco con un mejor ajuste en la configuración de la ratio de selección de datos y la aplicación total del estándar ANSI/ISA-5.1.1-2009 para una mejor identificación técnica respecto a los tags.
3. Para que los datos operativos capturados por el PI System pueda ser comprendidos y generen valor como información, es importante el procesamiento y presentación de estos datos. Por lo cual, el desarrollo de reportes y pantallas de control con las herramientas cliente de PI System: PI Processbook, PI Data Link y PI OLEDB Enterprise han servido a los trabajadores para conocer oportunamente el estado de salud de los diversos procesos de la planta concentradora y tomar decisiones con un mejor criterio.
4. La compañía minera busca innovar, mejorar y optimizar sus operaciones continuamente, con el PI System están logrando identificar con precisión cómo y dónde se deben realizar dichas mejoras debido a la integración e historización de los diversos datos de los sistemas de la planta concentradora, con las herramientas del PI System los trabajadores de la compañía minera pueden realizar un análisis de los datos operativos en tiempo real logrando que las decisiones estén pasando de ser reactivas a proactivas, como se evidencia en el cumplimiento de producción y costos de mantenimiento del periodo 2017.

TRABAJOS FUTUROS

1. Se sugiere buscar la integración y almacenamiento de datos de otros sistemas auxiliares asociados al proceso de la planta concentradora que no tienen un servidor OPC, pero si cuentan con base de datos relacionales y pueden ser integrados utilizando una interfaz PI System de tipo RDBMS (relational database management system), por ejemplo para el caso de Laboratorio Metalúrgico que posee datos cruciales sobre las muestras granulométricas y leyes de minerales en los diversos tratamientos de recuperación de Cobre.
2. Se sugiere adquirir e implementar PI Vision, que es una herramienta de visualización para acceder de forma rápida, fácil y segura a todos los datos de PI System desde una interfaz web propietaria, siendo accesible desde cualquier dispositivo sin la necesidad de un software tercero y además permite el desarrollo de propios controles con conocimientos de programación web (backend).
3. Se debe desarrollar un módulo web de detenciones de equipos con el SDK de PI System, los cuales son obtenidos desde los eventos generados por las condiciones creadas en PI AF y adicionando únicamente el detalle de la causa (u origen) para tener un reporte de fácil interpretación en la operación, de esta manera se puede eliminar el uso del software RMES Data, significando un ahorro importante en el presupuesto del área de Confiabilidad de la compañía minera.
4. Se debe compartir la información clave de la producción de manera simplificada con todos los empleados de la compañía minera a través de correos automáticos que contenga indicadores clave y de fácil interpretación, relacionada al impacto que tuvo su área en la búsqueda de los objetivos de la compañía minera, referente al tema productivo, lo cual conlleve a una conciencia situacional clara con datos en tiempo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAA. (1972). *The audit section*. Retrieved from Definition: <http://www2.aaahq.org/audit/index.htm>
- AICPA. (2015). *www.aicpa.org*. Retrieved from Forming an Opinion and Reporting on Financial Statements: Auditing Interpretations of AU-C Section 700: http://www.aicpa.org/research/standards/auditattest/downloadabledocuments/au-c_9700_3.pdf
- Anónimo. (2007, 5 13). *Monografías*. Retrieved from Control Interno: <http://www.monografias.com/trabajos16/control-interno/control-interno.shtml>
- Bolaños, D. E. (2012, 01 12). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Retrieved from Muestra y Muestreo: http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf
- Bulege, W. (2011, Abril 18). *Universidad Continental. Apuntes de Ciencia y Sociedad*. Retrieved Julio 02, 2015, from <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/21/20>
- Burton, W. T. (1983). Conceptos básicos de auditoría. In W. T. Burton, *Conceptos básicos de auditoría*.
- CONGRESO CONSTITUYENTE DEMOCRÁTICO DEL PERÚ. (1993). *Constitución Política del Perú*. Lima: OFICIALÍA MAYOR DEL CONGRESO.
- Congreso de la República. (1997). *Ley General de Sociedades*. Lima.
- Contraloría General de la República. (2015, 11 12). *Los tres pilares de una gestión limpia y eficiente*. Retrieved from Control Interno: https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorrupcion/control_interno.html
- De la Torre, R. M. (2015). Capacitaciones Lúdicas en Micro y Pequeñas Empresas de la Región Junín. *Universidad Continental. Apunte de Ciencia y Sociedad*, 89-93.
- Díaz. (2010). *NIAS para PYMES*. Lima.
- Dirección Regional de Trabajo y Promoción del Empleo de Junín. (2005, 03 12). *Plan Regional de Promoción y Formalización para la Competitividad y Desarrollo de las MYPES de Junín*. Retrieved from <http://es.slideshare.net/conajup/plan-mype-junin>
- El Peruano. (2008, 06 28). Decreto legislativo que aprueba la ley de promoción de la competitividad, formalización y desarrollo de la micro y pequeña empresa y del acceso al empleo decente. *Decreto Legislativo*, pp. 1-7.
- Estrada, M. S. (2011, Octubre 12). *NIC NIIF*. Retrieved from El primer portal en español de Normas Internacionales de Información Financiera NIIF - IFRS: <http://www.nicniif.org/home/acerca-de-niif-para-pymes/acerca-de-las-niif-para-pymes.html>
- EY Perú. (2015, Junio 17). *Perspectivas EY Perú*. Retrieved from Perspectivas EY Perú: <http://perspectivasperu.ey.com/2015/06/17/las-pymes-en-el-peru-impulsando-el-crecimiento-economico/>
- Fundación INCYDE. (2012). Educación emprendedora: Servicios y programas de las universidades españolas. *Fundación Universidad-Empresa*, 17.
- Henares López, C. (2010, 08 09). Informe COSO. Obtenido de Componentes: México D.F., México.
- Hernández, F. y. (2006). *Metodología de la Investigación, 4ta Edición*,. Mexico D.F.

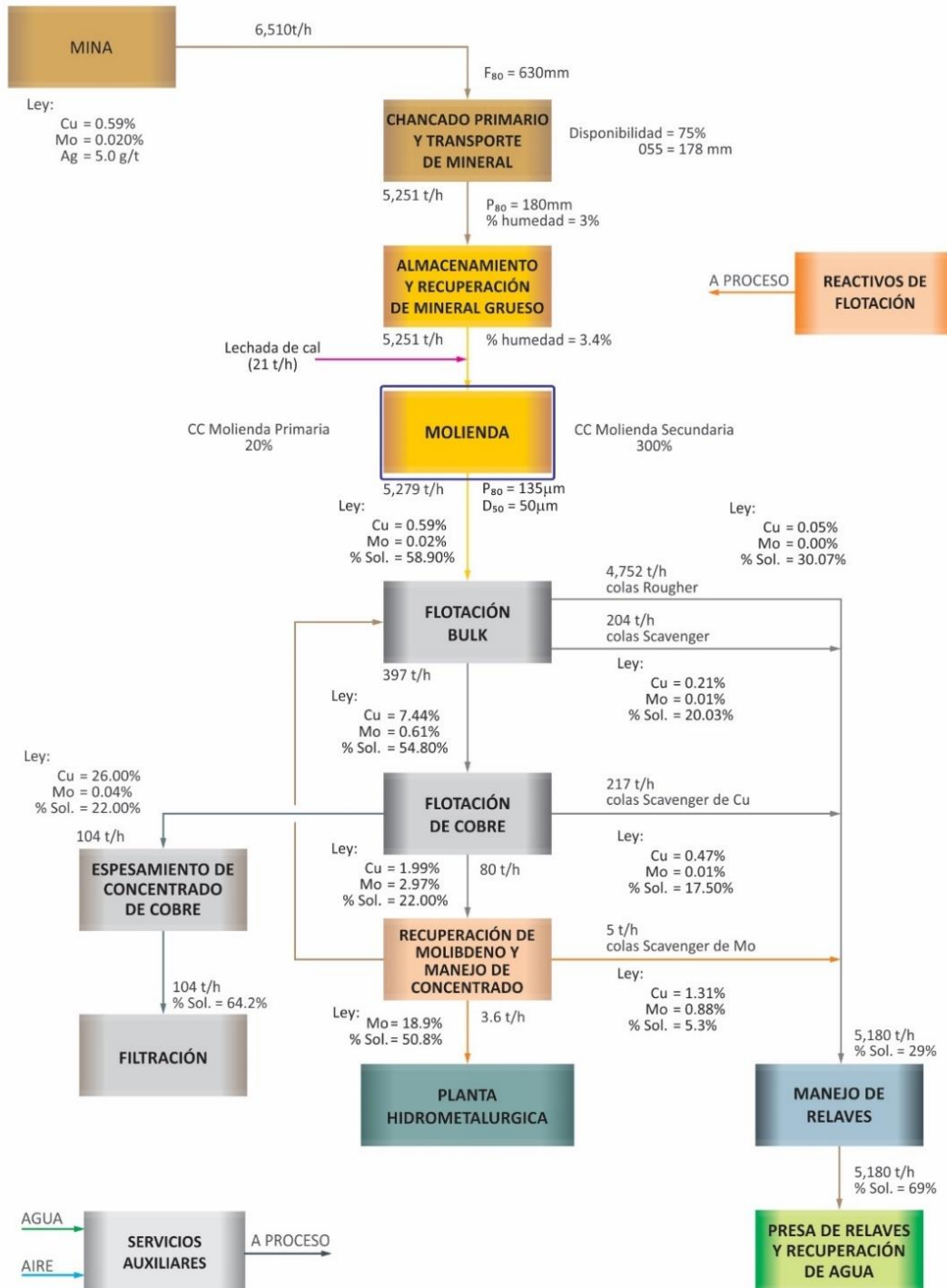
- Holmes, A. W. (1984). El concepto moderno de la Auditoría. In A. W. Holmes, *El concepto moderno de la Auditoría*.
- IASB. (2008). *Normas Internacionales de Auditoría (NIAS)*. México DC.: Corporación Abaco.
- IFAC. (2007). *AUDITORIA FINANCIERA DE PYMES*. México DC.: ECOE Ediciones.
- IFRS (International Financial Reporting Standards). (2009). *NIIF para las PYMES-Instrumentos financieros básicos*. (M. d. Finanzas, Ed.) Lima, Perú: International Accounting Standards Committee Foundation. Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_publ/con_nor_co/vigentes/niif/NIIF_PYMES.pdf
- IFRS. (2012). *NIC 8 Políticas Contables, Cambios en las Estimaciones Contables y Errores*. Londres: IFRS.
- INEI. (2011). *ENCUESTA DE MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- L., Z. R. (2011). Determinación de políticas de acceso al financiamiento del capital de trabajo en las MYPES del sector comercio del distrito de Huancayo. *Universidad Continental. Apunte de Ciencia y Sociedad*, 135-140.
- Ladino, E. (s.f.). *monografías.com*. Obtenido de monografías.com.
- Lefcovich, M. (2004, 09 21). *De Gerencia*. Retrieved from Las pequeñas empresas y las causas de sus fracasos: http://www.degerencia.com/articulo/las_pequenas_empresas_y_las_causas_de_sus_fracasos
- Luis Lupiáñez Carrillo, T. P.-C. (2014). EL EMPRENDIMIENTO COMO MOTOR DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO. *BOLETÍN ECONÓMICO DE ICE* N° 3048, 55.
- Mantilla, S. A. (2012, 08 13). *La profesionalización de la Auditoría en Colombia*. Retrieved from La profesionalización de la Auditoría: https://www.media.wix.com/ugd/e8a62c_7a7b.pdf
- Mayor, M. (2015). Estructura empresarial por segmento a nivel del departamento de Junín. *Insigh Maganerial*.
- Ministerio de la Producción PRODUCE. (2013). *LAS MIPYMES EN CIFRAS*. Lima. Perú: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial.
- Ministerio de Producción. (2012). *Crecepyyme*. Retrieved from Regímenes Tributarios: <http://www.crecemype.pe/portal/images/stories/files/img/coleccion-crecemype-l/formaliza-b.pdf>
- Monografías. (2010, 08 09). *Informe COSO*. Retrieved from Componentes: <http://www.monografias.com/trabajos12/coso/coso2.shtml>
- Nudman, P. (2006). Manual de Auditoria Operativa. In P. Nudman, *Manual de Auditoria Operativa*.
- Pecho, M. (2015). Aplicación de los cinco componentes del Control Interno Coadyuvan a mejorar la gestión de las entidades públicas y privadas. *Insigh Maganerial*, 121-128.
- República, C. G. (2015, 12 12). *Los tres pilares de una gestión limpia y eficiente*. Retrieved from Control Interno: https://apps.contraloria.gob.pe/packanticorruptcion/control_interno.html
- Rivera, J. A. (2009, 03 19). *MYPES EN EL PERU*. Retrieved from DENIFICION DE MYPE: <http://www.monografias.com/trabajos93/mypes-peru/mypes-peru.shtml>
- Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación, 4ta Edición*,. Mexico D.F.

- Samplet. (2010). *Metodología de la investigación*.
- Sánchez, M. (2013, 09 08). *Importancia de la implementación del control interno en las MIPYMES*. Retrieved from Importancia de la implementación del control interno en las MIPYMES: repository.unimilitar.edu.com
- Significados. (2013, 07 25). *Significados*. Retrieved from Comercio: <http://www.significados.com/comercio/>
- Sociedad Peruana de Pyme-SPP. (2013, 05 20). *Peru21*. Retrieved from ¿Porqué fracasan las empresas?: <http://peru21.pe/mis-finanzas/que-fracasan-empresas-2131876>
- SUNAT. (2016, 01). *Orientación SUNAT*. Retrieved from Concepto NRUS RER: <http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/nuevo-regimen-unico-simplificado-nuevo-rus/3097-01-concepto-de-nrus-nuevo-rus>
- Tamayo. (2002). *Metodología*.
- UNICA. (2008, 07 15). *Capítulo 7: El Control Interno*. Retrieved from Conceptos: <http://fccea.unicauca.edu.co/old/tgarf/tgarfse83.html>
- Vico, J. M. (2013). *El control interno como herramienta eficaz para mejorar los procesos logísticos en Automóviles S.A.* Huancayo.
- Vílchez, P. (2008). La armonización de Normas Contables en los Países de América. *Contabilidad y Negocios*. , 5-10.
- Wikipedia.org. (2015, 11 28). *Wikipedia*. Retrieved from Control Interno: https://es.wikipedia.org/wiki/Control_interno
- Zevallos, R., Leiva, A., Rosales, P., Rosales, Á., & Baldeón, L. (2011, Diciembre 22). *Universidad Continental. Apuntes de Ciencia y Sociedad*. . Retrieved Julio 9, 2015, from <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/34/33>

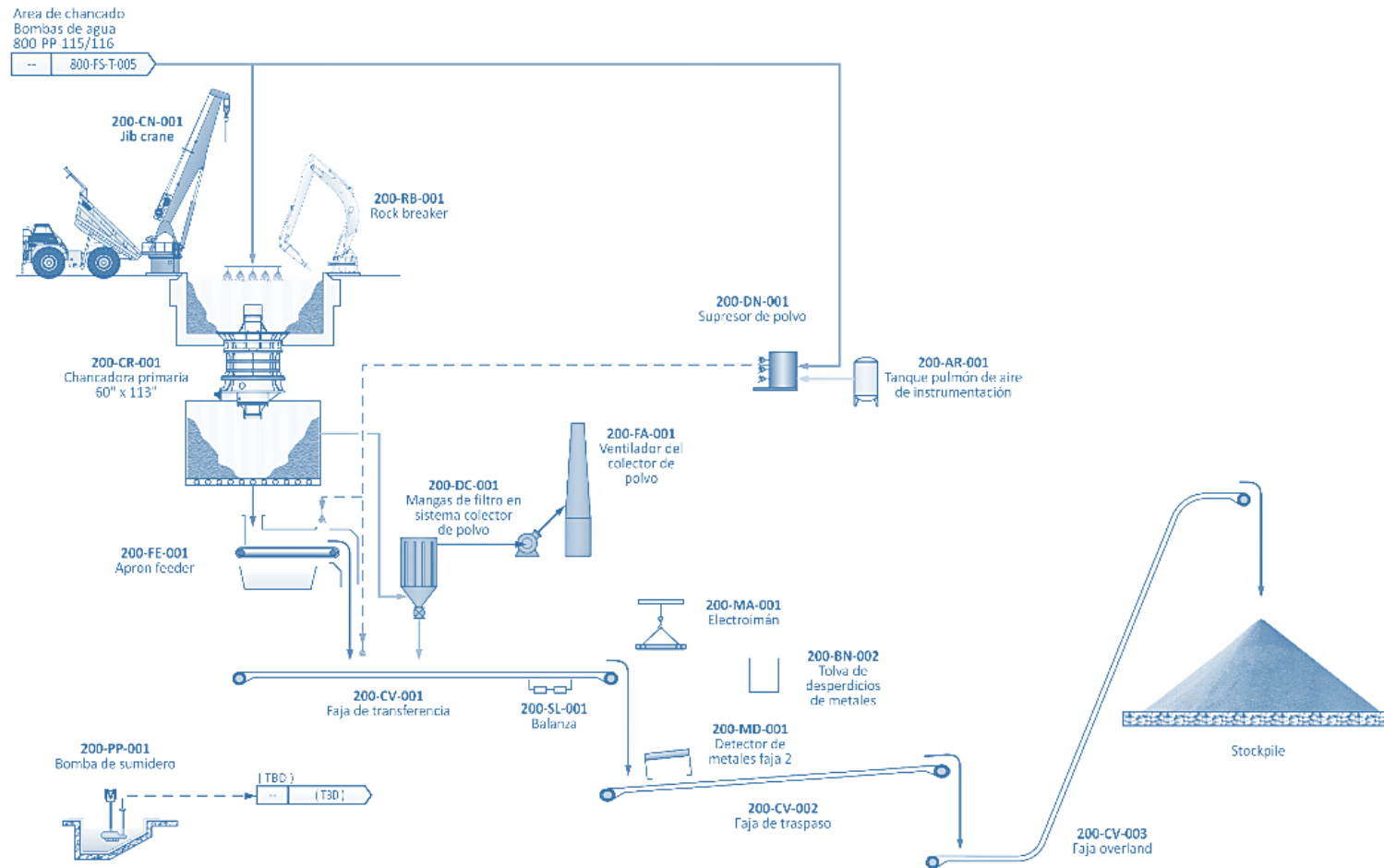
ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

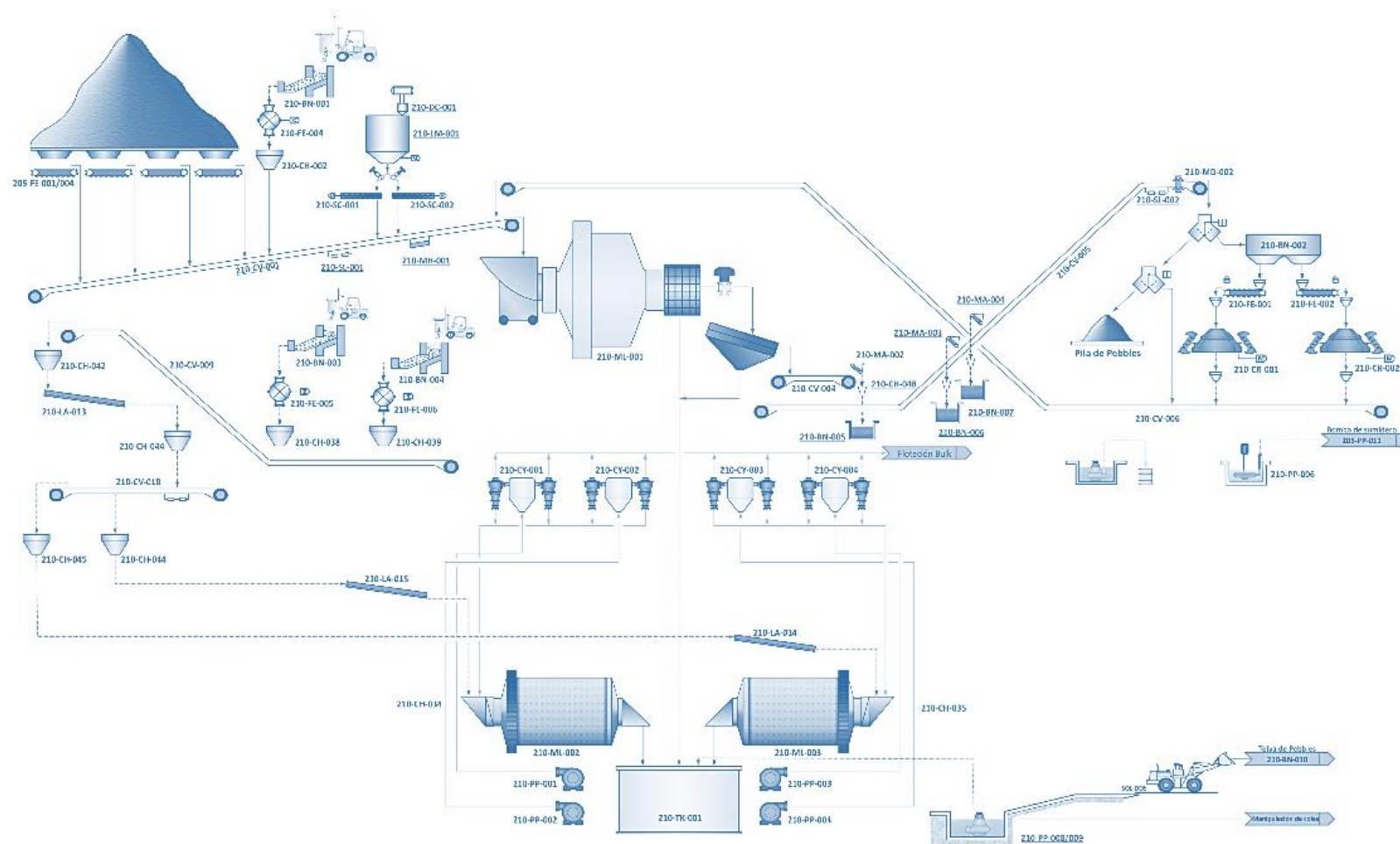
Tabla 49. Matriz de Consistencia



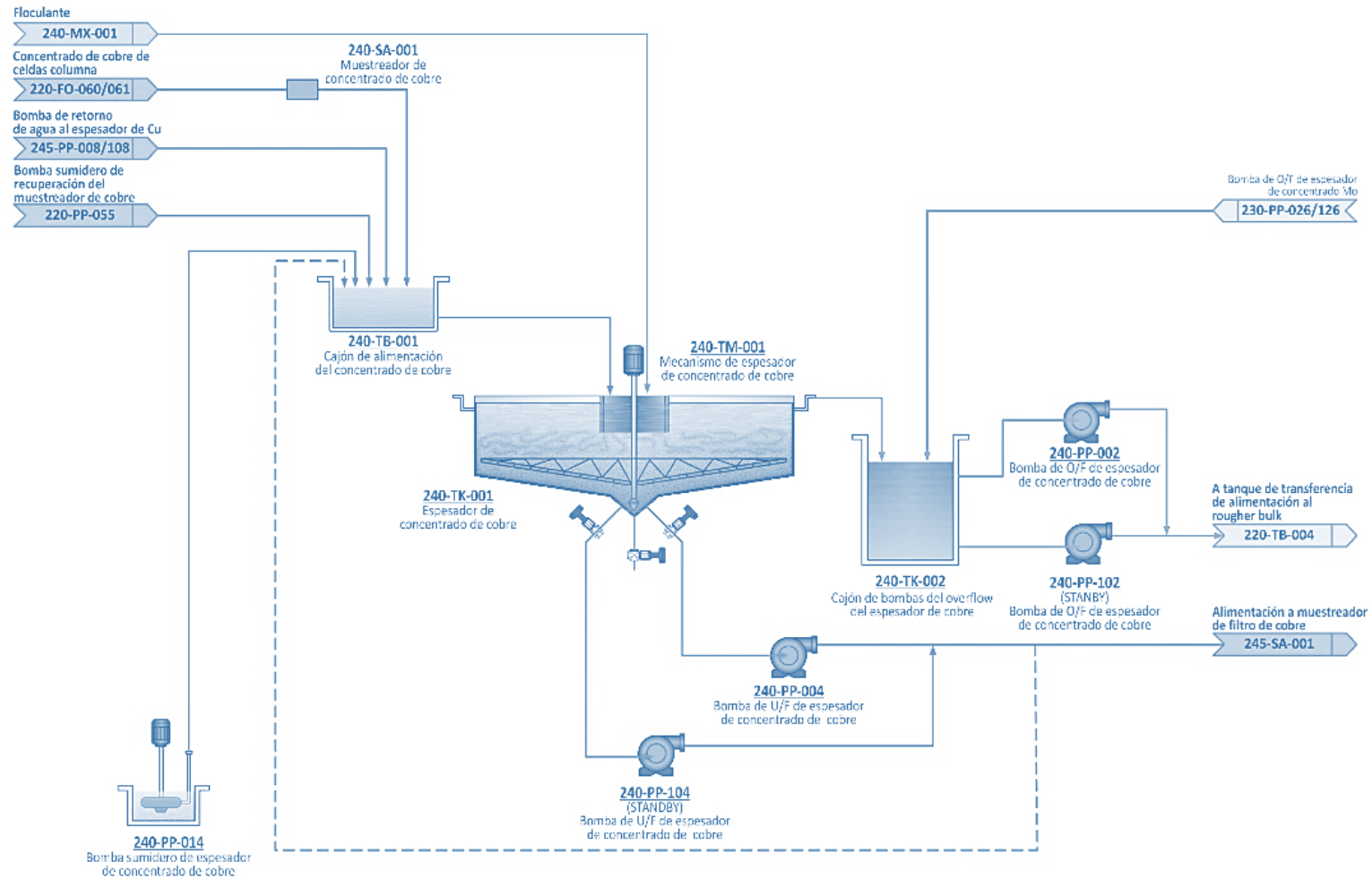
ANEXO 2: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (200) DE CHANCADO



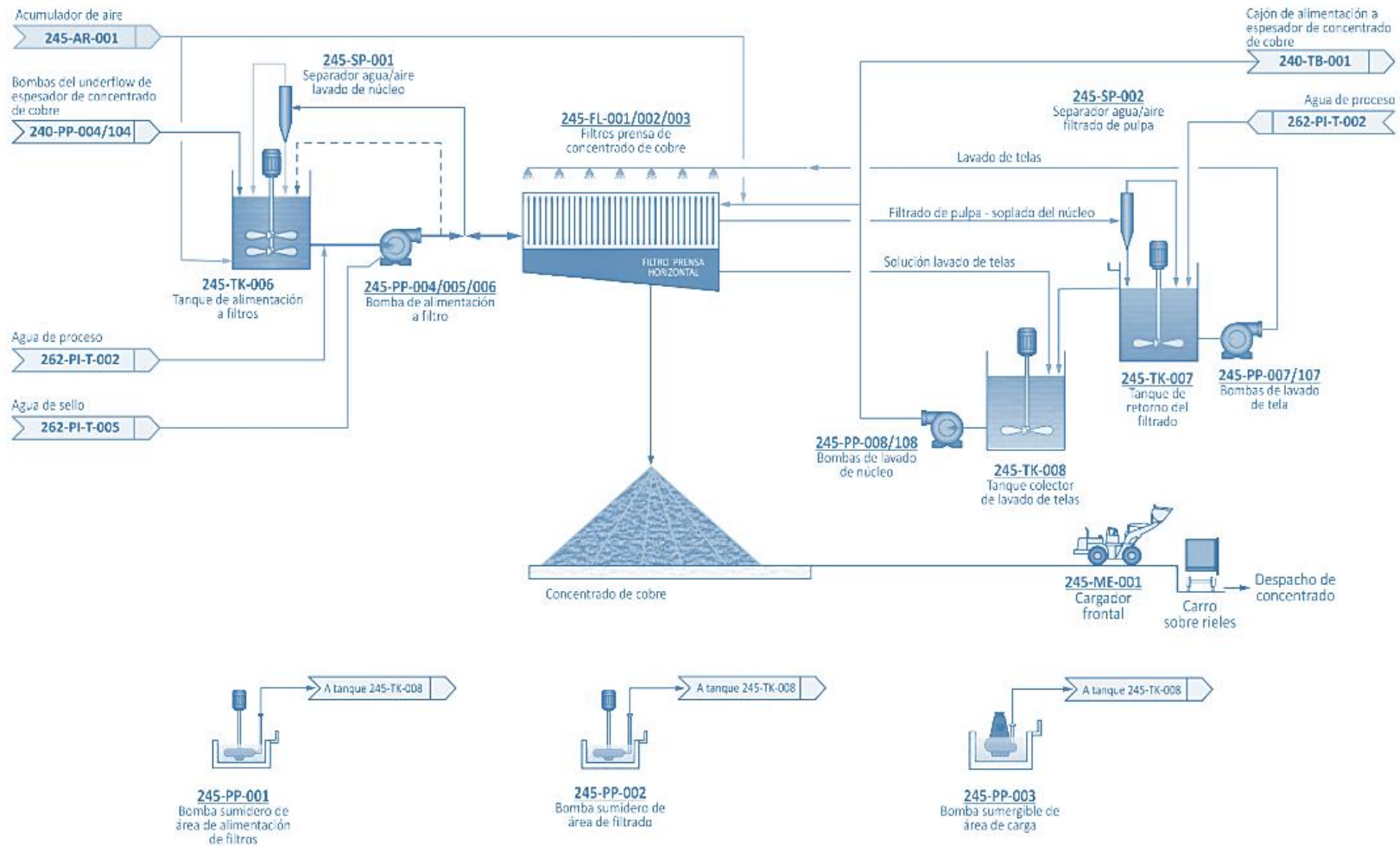
ANEXO 3: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (210) DE MOLIENDA



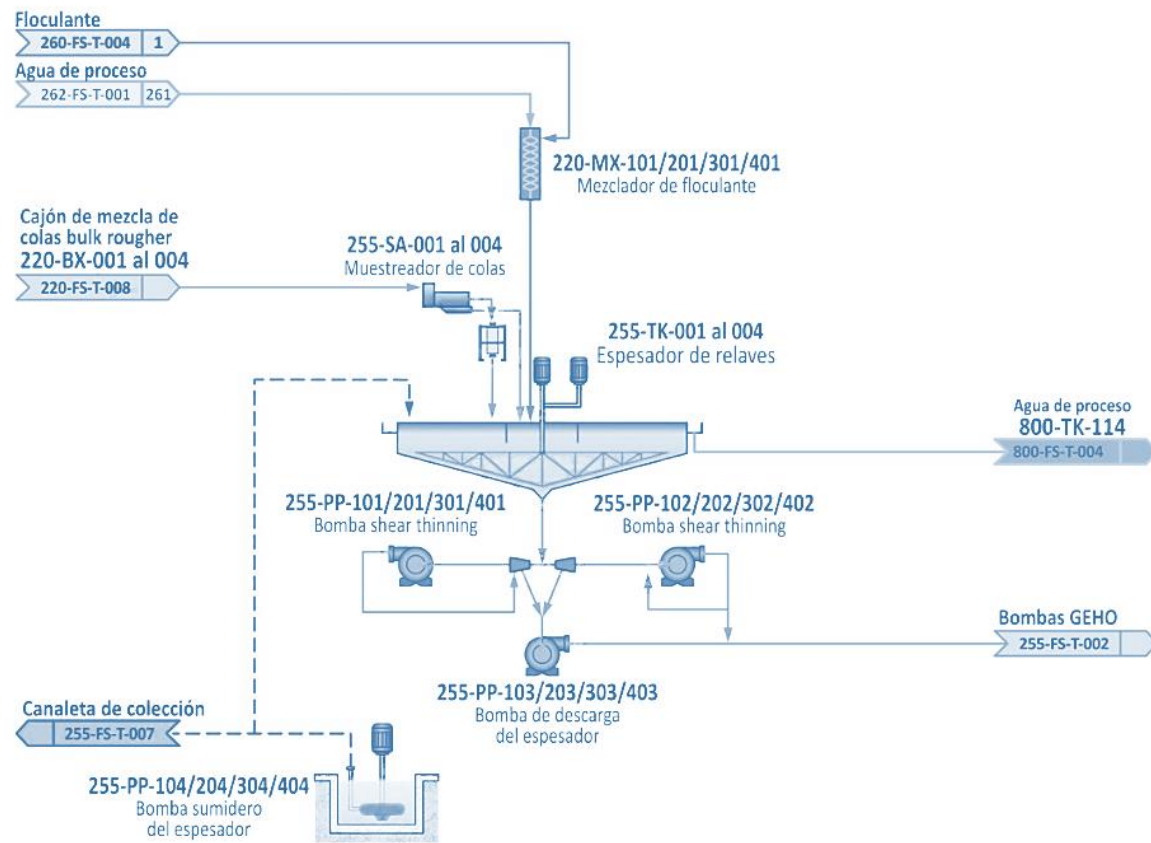
ANEXO 5: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (240) DE ESPESAMIENTO DE CU



ANEXO 6: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (260) DE FILTRADO



ANEXO 7: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ÁREA (255) DE RELAVES



ANEXO 8: ENTREVISTAS A USUARIOS DE PI SYSTEM

Entrevista 1: Control de Procesos

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Jose Caballero	Entrevistado	Jefe General de Control de Procesos

Área

Control de Procesos

Entrevista

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes José, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto.

Eo Está bien, empecemos.

Er En primer lugar ¿Conoces PI System?

Eo Sí claro, ya he trabajado con ese sistema hace mucho tiempo, aproximadamente 4 años desde el 2010 hasta el 2013 en mi anterior trabajo.

Er Ya que entiendo que eres un usuario intermedio o experto de este sistema, ¿podrías explicarme un poco el funcionamiento del sistema o aquello que entiendes que hace dicho sistema?

Eo Básicamente es un sistema alternativo de captura de los datos de diversos sensores que se tiene mapeado en el sistema DCS de los equipos de planta, y luego con esta data capturada se puede trabajar, como en la elaboración de tendencias, cálculos y también hacer un seguimiento en tiempo real.

Er Comprendo, pero antes de proseguir, sobre el punto de alternativo, eso quiere decir que ¿ya tenemos otro sistema que realiza esto actualmente?

- Eo** Sí claro, te comento que en planta tenemos un sistema de control, que en el día a día le decimos DCS, este sistema controla y opera un equipo de forma directa desde una interfaz, actualmente este sistema ha sido implementado por ABB y es el System 800xa, pero tiene sus limitantes que solo historiza 1 mes atrás y 3 meses como máximo en algunos sensores, por lo cual a largo plazo ya no nos sirve.
- Er** **Y ¿quiénes tienen acceso al System 800xa?**
- Eo** Por el momento, únicamente los operadores de la planta y los programadores a mi cargo, deben ser alrededor de 30 personas, además recuerda que en la empresa la red de planta está aislada a la red administrativa, por lo cual desde un equipo normal no podemos conectarnos a ninguno de los servidores de ABB.
- Er** **Sí se ha revisado sobre ello, y entiendo que es por temas de seguridad, y la presente no busca cambiar esa definición. Por otro lado, ¿no existe alguna forma de que este sistema en funcionamiento pueda almacenar más datos en un rango mayor de tiempo?**
- Eo** Obvio que sí, pero eso implica un costo, ya que son servidores adicionales e implementar un servicio con una base de datos que cumpla esta función, además tendríamos que revisar la compra de visualizadores de datos del System 800xa para todos los usuarios finales que quieran acceder al sistema, y sinceramente estos visualizadores están orientados para personal de operativo de planta y no un usuario común y corriente como nosotros, que básicamente explotaremos los datos.
- Er** **Solo para tener claro ¿este módulo de ABB para la captura e historización de datos se ha implementado en otras mineras?**
- Eo** No, es un producto relativamente nuevo, así que no conozco a ningún especialista de mi área que haya visto este módulo y dar fe que funcione al 100%.
- Er** **Volviendo a nuestro tema, como ya tenemos la solicitud de nuestra vicepresidencia en la compra e implementación de PI System en la brevedad, ya que es lo usa nuestra corporación en sus otras plantas en otros países, te procederé a explicar un poco del sistema funcional que entiendo en él, por lo cual cualquier punto no dudes en cortarme.**
- Eo** Está bien, te escucho.

- Er** Este sistema básicamente se conecta a servidores de datos como son OPC, PLC y hasta incluso base de datos como Oracle o SQL Server, de donde extrae datos en tiempo real, estos datos luego son enviados a un contenedor donde se historizan continuamente, y finalmente estos datos historizados pueden ser consultados por los usuarios desde visualizadores de PI System y asimismo ser extraídos en un rango de tiempo para un mayor análisis.
- Eo** A grandes rasgos es eso, considera que PI System tiene un concepto llamado Tags, los tags son los elementos únicos y tenemos un límite de acuerdo al licenciamiento que comparamos.
- Er** Es cierto, se ha visto en la compra inicial una capacidad de 20 mil tags, y si tienes razón ya que los datos capturados tienen identificadores para cada tag.
- Sobre este punto ya quedaría claro que es PI System, así que ahora pasaríamos a un tema de alcance, de que se busca implementar en PI System.
- Eo** Perfecto.
- Er** En primer lugar ¿Qué módulos de PI System vamos a comprar?
- Eo** Entiendo que los módulos principales que son: PI Data Archive, PI Interfaces, PI AF, PI Processbook y PI Datalink, que son los módulos en los que tengo experiencia, sé que hay nuevas versiones y nuevos módulos, pero eso ya sería una mejora propia del área de TICA (Tecnologías de Información, Comunicación y Automatización).
- Er** Está bien, solo hacia pregunta de forma redundante para saber que módulos esperas ver en funcionamiento al final de este trabajo.
- Ahora dime ¿Quiénes esperas que usen PI System?
- Eo** Toda la empresa en algún momento, pero en primera instancia los trabajadores de rango medio y alto asociados a la operación, como son los vicepresidentes, gerentes, jefes y supervisores de la Vicepresidencia de Operaciones.
- Er** ¿Debe existir algún tipo de restricción de acceso a los datos entre estos cargos?
- Eo** Sí, en realidad debemos agrupar los tags por grupos, y asimismo en PI System crear perfiles de seguridad de acuerdo

a las áreas que soliciten el acceso, y solo asociarlas a nuestras cuentas de correo.

Er Correcto.

Sobre los datos colectados, ¿se tiene identificado de que servidores vamos a capturar dicha información?

Eo Así es, como prioridad se encuentra el del OPC Surrogate donde se encuentra un 70% de todos los datos, luego el de PLC terceros, System One, Split Online y otros que puedan aparecer, todo esto te lo hare llegar en un documento.

Er Acerca de los datos capturados ¿Hay un listado de la configuración individual de cada tag a crear?

Eo Sí, entiendo que una vez definida el punto de captura hacia los servidores, solo necesitarías los instruments tags, y esos datos lo tenemos en el servidor DCS, por lo cual podríamos exportarlo por áreas y entregártelo en un archivo.

Er Muy bien, este listado es importante ya que con ello se concluirá la etapa inicial de capturar e historizar los datos.

Una consulta, ¿es importante la denotación en los nombres de los tags?

Eo Sí, para ello hay un estándar que es muy usado en las grandes industrias que es la norma ISA S5.1, la cual debe ser considerada en la creación de los nombres de los tags, para ello podemos hacerte llegar el documento de referencia que tenemos para la creación.

Er Muy bien con eso ya podíamos tener un marco de trabajo ordenado.

Ahora me interesa saber sobre tu punto de vista acerca de los datos capturados en tiempo real, me imagino van a ser miles en un segundo, quisiera saber que muestra representativa necesitas tener en el sistema o que ratio puede ser aceptable para ti entre lo que los datos que son leídos y luego almacenados.

Eo Es un punto algo crítico, porque de primera mano te diría que debes conservar todos los datos, ya que eso aseguraría para nosotros la perdida de ningún dato, pero entiendo que eso no es sostenible debido a que consumiremos recursos y a largo plazo no será sostenible para la compañía minera, por lo cual una ratio aceptable seria de 1:10 respecto a datos guardados sobre leídos.

Er Obviamente se considerará esta ratio de 1:10 como plantilla por defecto en los parámetros de captura de datos, si se requiriese para un dato en particular no duden en solicitar el almacenamiento total del dato a cada lectura presentada.

Ahora quisiera saber un punto acerca de ¿qué vamos a mostrar como producto entregable de PI System para todos los usuarios que ha indicado?, o ¿ellos mismos van a crear sus pantallas de visualización y plantillas de extracción de datos?

Eo Nosotros como área de Control de Procesos y TICA debemos uniformizar estas pantallas de visualización por lo cual vamos a desarrollar estas pantallas en Processbook y debemos centralizarlas en algún lugar donde toda la empresa pueda verla, o para esta etapa inicial lo usuarios de nuestra vicepresidencia.

Er **¿Y en que nos basaríamos para diseñar estas pantallas?**

Eo Tenemos unos bosquejos de diseño de pantallas en base al DCS, por lo cual básicamente graficaríamos las pantallas desde el proceso de Chancado hasta el proceso de Filtro de la planta concentradora, estimo que serán unas 10 pantallas como máximo, de igual forma te entregare estos bocetos con el detalle de los tags a mostrar para que puedan ser implementados una vez que se tenga instalado el PI System.

Er **Perfecto, ¿Con esto cerraríamos el tema de diseños de pantallas?**

Eo No, sería bueno revisar con las áreas de Metalurgia y Mantenimiento si ellos requiriesen pantallas de visualización, la idea es que todo esto esté centralizado para mantener un orden, por lo cual cuando se deán tus reuniones con dichas áreas es bueno levantar estos requerimientos, ya que ellos saben el uso de PI System.

Favor no olvidar que estos datos deben tener un tiempo de refresco de 5 segundos como mínimo y como máximo 10 segundos, para evitar confusiones.

Er **Está bien, lo mantendré como punto a tratar. Acerca del árbol de activos que se puede desarrollar en PI AF, se tiene claro ¿qué vamos a implementar en PI AF?**

Eo No, ese tema sería mejor revisarlo con el área de mantenimiento ya que ellos harán un mejor uso de dicha herramienta.

- Er** **Correcto, entonces pasemos al último punto que son las notificaciones y alertas. ¿Qué expectativas tienes de este módulo?**
- Eo** En realidad, tenemos una gran expectativa, ya que actualmente no existe este módulo o algo similar en la compañía minera, por lo cual serán de gran utilidad para notificarnos en la brevedad posible ante datos que salgan de rangos normales de producción y tomar acción en ello, asimismo crear una cadena de condiciones para evaluar la activación de estas alertas. Consideramos que estas alertas serán a nuestro correo electrónico, pero sería genial que se viera la posibilidad de notificarnos por mensajes de texto, ya que es un medio limpio que no está condicionado a tener acceso al correo. Obviamente estas notificaciones serán solo a un grupo que definiremos en su momento y de acuerdo a la necesidad.
- Er** **¿Se tiene un listado de notificaciones o alertas a implementar?**
- Eo** Sí ya tenemos preparado dicho listado, por lo cual será inicialmente para equipos críticos que impactan directamente en la producción, lo prepare y enviare a tu correo en la brevedad.
- Er** **Ahora, sobre el servicio brindado de PI ¿cuánto tiempo en horas durante un día puede el servicio detenerse?**
- Eo** Sinceramente, ninguno es por ello que se necesita que sea un servicio de 24x7.
- Er** **Muy bien, a lo cual adoptaremos en todo caso el módulo de alta disponibilidad para evitar cualquier pérdida de datos y presentación de los mismos.**
- Perfecto, con esto creo que ya hemos concluido la reunión y han quedado claro los requerimientos que se tienen sobre la implementación e integración de PI System en la compañía minera. ¿Hay algún punto adicional a tratar o duda que se tenga?**
- Eo** No, es todo por ahora, por favor hacedme llegar el acta de requerimientos una vez que se pase a blanco y negro de las reuniones para validarlas. Gracias por el apoyo brindado, esperemos que esta implementación e integración sea un éxito y traigan parabienes a la compañía minera.
- Er** **De igual manera, gracias por tu tiempo e involucramiento en estas actividades.**

Aceptado Por

Usuario	Fecha
Jose Caballero	22 de agosto de 2016

Entrevista 2: Operaciones Planta

Personas involucradas

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Miguel Chavez	Entrevistado	Jefe Guardia - Operaciones Planta

Área

Operaciones Planta

Entrevista

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes Miguel, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de la operación en planta.

Eo Entendido amigo, solo espero que seamos lo más breves y puntuales en esto.

Er **Ok, como primer punto ¿Conoces PI System?**

Eo Sí, en mi último trabajo por Cajamarca tuvimos proyectos muy interesantes desarrollados bajo ese sistema.

¿Qué módulos has llegado a operar?

Er Han sido dos, el principal que es Processbook donde teníamos pantallas para revisar las tendencias y revisar el estado de los equipos agrupados por áreas, y luego el Datalink para hacer nuestros reportes en Excel y básicamente realizar reporte de Pareto, donde metíamos

bastante código en los Macros para darle un buen uso a estos datos.

Er **Muy bien, para empezar, te comento que ambos módulos se van a implementar en la compañía minera.**

Excelente.

Eo

Er **Respecto a las pantallas que indicas, también debo decirte que es un proyecto que veremos directamente y se desarrollaran para ser publicadas de forma masiva para todos ustedes, y puedan consultar estos datos en tiempo real, es parte del trabajo principal que se dará, por lo cual Jose Caballero nos ha entregado unos bocetos que fueron revisados con tu persona para ser desplegados.**

Eo

Sí, los he visto y me parecen genial, sobre todo por el hecho que serán administrados por TICA, para tener una versión única en la empresa, yo he tenido la mala experiencia de mi anterior trabajo que esos archivos se iban distribuyendo y nadie sabía quién tenía la versión final.

Er **Me interesaría saber más sobre esos reportes que trabajabas antes, y como te podemos ayudar quizá a adecuarlos en este ambiente que prepararemos.**

Eo

Te explico, son datos muy sencillos, que básicamente se extraen del PI System por guardias y se realizan cálculos de suma y promedio para obtener indicadores de producción y el estado de equipos, entiéndase que las guardias son dos, diurno y nocturno, cada uno de ellos tiene un grupo de trabajo y supervisión diferente, por lo cual es importante tener un control sobre ello.

Este reporte es un resumen básicamente lo que sucedió en dicha guardia, ya para un mayor análisis de cómo se

comportó la planta, podemos acceder a las pantallas que se desarrollaran o en todo caso al System 800xa.

Er **Perfecto, si nos entregases dicho reporte en Excel podríamos ayudarte a dinamizarlo, basta que nos indiques los cálculos dentro de dicho formato y cuáles son los tags a considerar.**

Eo Entonces no se hable más, yo enviaré dicho formato con el listado de indicadores y su forma de cálculo, asimismo un pequeño listado de estado de equipos al finalizar la guardia, considera que este formato debe ser manejado por las jefaturas de operaciones planta y estar disponible a demanda para ser consultado en cualquier momento.

Er **Muy bien, en base a lo que usarán tu área y supervisores bajo tu línea, respecto a Processbook y Datalink, tengo también un módulo que queremos explotarlo a un nivel operativo, por lo cual te compete, es el módulo de Notificaciones y Alertas, las cuales ante ciertas condiciones que podemos programar en base a ciertos tags debe notificar a sus buzones de correo esta alarma.**

Eo Me interesa mucho este módulo, pero lo hemos visto muy poco en mi anterior trabajo porque el proveedor nos había indicado que era un módulo nuevo y tenía sus limitaciones.

Er **Te comento que ha mejorado mucho, ya existe una versión estable en el mercado, y particularmente en esta última versión es muy escalable respecto a la creación de condiciones y lógica, por lo cual te agradecería considerarla.**

Eo En realidad, Jose Caballero me solicitó una lista de parámetros normales de ciertos equipos críticos de la planta, entiendo ello con la finalidad de que se creen estas notificaciones, igual yo te reenviare ese correo con copia a Jose para tomar esta implementación como prioritaria.

Er **Gracias Miguel, esperaré ese correo para definir bien este requerimiento de notificaciones, y también el del reporte Excel, por lo de las pantallas ya lo veremos directamente con Jose Caballero, igual te estaremos informando.**

Eo Mil gracias amigo, estamos en contacto y cualquier consulta hacédmela saber o a mi contra guardia que es Samuel Lavado.

Adicional al reporte que vamos a desarrollar, sería ideal ver bajo la misma lógica el desarrollo del reporte de cumplimiento de KPIs por día, el cual debe ser enviado a nuestra vicepresidencia, por lo cual también te adjuntare dicho reporte con el detalle de tags y cálculos asociados.

Er **Entendido Miguel, no hay problema siempre en cuando el grado de complejidad no sea alto esto se podrá ejecutar en el menor tiempo posible, gracias por tu involucramiento en estas actividades.**

Aceptado Por

Usuario	Fecha
Miguel Chavez	22 de agosto de 2016

Entrevista 3: Metalurgia

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
William Atuncar	Entrevistado	Ingeniero Metalurgista de Planta SR

ÁREA

Metalurgia

ENTREVISTA

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

- Er** Buenas tardes William, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de las funciones que realizaría Metalurgia.
- Eo** Bien, ¿dime que necesitas saber?
- Er** Ok, como primer punto ¿Sabes que es PI System?
- Eo** Sí, según he revisado es un sistema que presenta los datos de planta en unas pantallas y se vincula con el DCS actual.
- Er** Sí, en gran parte es ello, solo complementando a tu idea te indico que este sistema colecta la data de todos los equipos en planta para luego historizarlas, y mediante ciertos módulos visualizadores nos puede mostrar la data en pantallas o como listado de datos para su análisis.

- Eo** Ahora sí me quedó claro, y esas pantallas ¿ya están listas?
- Er** **Aun no, pero será lo primero en implementar cuando se tenga el PI System funcionando.**
- Eo** Ok.
- Er** **Básicamente lo que quisiéramos saber es que uso piensan darle a PI System.**
- Eo** Mira, nos hemos reunido con mi área para tener claro esto y aterrizamos el siguiente requerimiento:
- Necesitamos tener acceso a las pantallas de producción y estado de equipos de la planta para poder validar el correcto tratamiento del mineral en base al material y tipo que se ha informado por MINA.
- Luego, necesitamos poder resetear ciertos horómetros de los Nidos de Ciclones y Celdas de Flotación desde estas pantallas, porque actualmente este procedimiento es enredoso y dependemos del área de operaciones que muchas veces no realiza este reset oportunamente y al ser nuestra responsabilidad nos vemos afectados en futuros cálculos en base a estos datos.
- Er** **Sobre tu primer requerimiento no hay ningún problema y solo se tendría que pedir una autorización a Jose Caballero que es el responsable de quien debería ver estos datos en la empresa.**
- Pero sobre el segundo punto, me dices que necesitas que sobre las pantallas que vayamos a crear, escribamos datos hacia los atributos de horómetros de algunos equipos desde PI System.**
- Eo** ¿Se podrá realizar ello? Mi jefe indica que ha visto esa solución en otra minera y les va bien.
- Er** **En realidad, funcionalmente si es posible, pero tenemos que comprometer aquí al área de Control de Procesos que nos otorguen permiso de escritura sobre ese atributo del equipo, o ver alguna lógica correcta. Yo no vería mayor impedimento en ello, porque es un proceso que actualmente lo realizan, y entiendo que ustedes no lo hacen por no tener acceso al System 800xa por la limitante de licencias, por lo cual necesitaría me envíen el diseño de la pantalla, con el listado de atributos y códigos de equipos correctamente señalados para poder realizar un desarrollo correcto.**

Eo En la brevedad estaremos preparando ello, y lo enviaremos a tu correo, muchas gracias por tu apoyo, por nuestra parte es todo lo que necesitamos de primera mano respecto a este sistema.

Er **Listo, muchas gracias por su tiempo y estaremos en contacto ante cualquier consulta que pueda surgir.**

ACEPTADO POR

Usuario	Fecha
William Atuncar	22 de Agosto del 2016

Entrevista 4: Costos y Finanzas

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Hugo Del Pozo	Entrevistado	Analista de Costos Planta

ÁREA

Costo y Finanzas

ENTREVISTA

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes Don Hugo, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de que necesita el área de costos de este sistema.

Eo Muy bien Jair, te contare un poco a que se dedica mi área en la empresa, básicamente nosotros velamos por un control oportuno del presupuesto asignado para la compra de insumos y consumibles dentro del proceso de la planta concentradora, y diariamente vemos cuanto nos cuesta producir una tonelada de concentrado de cobre en base a todo lo consumido, estos datos son de suma importancia ya que sabemos si nuestro producto nos traerá ganancias o pérdidas en el mercado externo, por lo cual nos es importante saber al finalizar la guardia ¿cuánto hemos producido? ¿Cuánto nos ha costado? ¿Qué calidad es nuestro producto?

Pero ¿PI System como les serviría a ustedes?

Er Nos sería de gran utilidad porque entendemos que este sistema tiene toda la memoria de la planta e incluso muestra los datos en tiempo real, por lo cual quisiéramos tener acceso a los datos de producción al cierre de guardia para no depender de los operadores que muchas veces nos envían incluso posterior a las 12 horas, cuando ya este dato relativamente no es tan útil para poder tomar alertar a nuestra gerencia sobre todo ante costos elevados asociados proceso.

Eo **Usted tiene razón, tengo entendido que en PI System capturaremos los datos referentes a la producción por guardia, así que no habría mayor problema en indicarles como extraer este dato. Por consulta ¿En qué formato esta su reporte actual?**

Lo tenemos en Excel, por lo cual les agradecería que nos pudieran enviar estos datos en dicho formato.

Eo **Le doy una mejor opción, que le parece si dicho reporte que usted maneja lo integramos a un módulo de PI System y automáticamente realizamos el envío del reporte.**

Er Perfecto, eso me ahorraría a mi mucho trabajo.

Pero tengo una duda respecto a otros datos que pueda tener en ese reporte ¿De dónde los extrae?

Eo Es cierto, fuera de los datos de producción, tengo los datos de Costo y Consumos, que son extraídos del SAP, ¿Si te doy las cuentas mayores y agrupación de ellas podrías llamarla a ese reporte?

Eo **Claro que sí, tendría que hacer una revisión previa, pero ya hemos preparado algo similar para unos cubos de información que ha solicitado el área de compras, por lo cual nos ayudaría de mucho que nos envíe dicho formato en Excel indicándonos las cuentas mayores, los datos de producción y si hubiese algún calculo interno favor de resaltarlos.**

Entendido Jair, preparare dicho formato, con esto estaríamos dando un gran paso para tener este reporte de forma oportuna y la compañía minera pueda tomar un mejor rumbo en esta época de crisis para el rubro minero.

Eo **Muchas gracias Don Hugo, espero su formato y cualquier consulta que pueda salir respecto a ello le estaré informando.**

Er

ACEPTADO POR

Usuario	Fecha
Hugo Del Pozo	23 de Agosto del 2016

Entrevista 5: Mina

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Luis Mostacero	Entrevistado	Ingeniero de Control de Procesos Mina SR

ÁREA

Mina

ENTREVISTA

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes Luis, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de que necesita el área de mina de este sistema.

Conforme amigo Jair.

Eo

Er Luis, en primer lugar, te detallo un ambiente genérico de PI System, tal cual como ustedes manejan el Minestar y Minesigth para el área de mina y recopilan todos sus datos productivos y operativos dentro de estos sistemas, PI System tendrá la misma funcionalidad, pero capturará los datos de toda la planta concentradora. En base a ello, queríamos saber cómo área de MINA que les sería útil de PI System.

Mira amigo, básicamente nosotros queremos tener una cuenta de acceso para acceder a todos los datos de la planta que se guarden en PI System.

Eo

Luis, de primera mano, esto creo que no se podrá dar tan fácilmente, ten en cuenta que son más de 15 mil tags a implementar y los dueños de esta información son el área de Operaciones Planta y hay ciertos datos que son manejados de forma interna como los manejas en tu área, es por ello que yo tenía entendido que lo que ustedes requerían eran datos puntuales que se relacionaban con el mineral chancado y el estado general de la planta.

Er

Si, mira lo que ocurre es que nosotros tenemos dashboards desarrollados en la web, las cuales se conectan a vistas generadas en nuestra base de datos Oracle, lo que necesitaríamos es que los datos de PI System se integren a esa vista, es por ello que te pedía ese acceso para evitarte el ajetreo de la integración.

Eo

Muy bien, ya me quedo claro, mira PI System no conversa con Oracle, pero si lo hace perfectamente con SQL Server, que te parece si en base al listado de datos que requirieses yo te presento estos datos en una vista o tabla SQL y consumes dichos directamente del SQL Server, ya que tu capa de presentación al ser una página web no tendría mayor problema en conectarse.

Er

Pues sí, esa sería una salida valida.

Claro que sí, pero necesito para ello que me digas que datos necesitas y en que formato requieres la tabla o vista en SQL.

Eo

Mira, esta página de dashboards lo desarrollo un proveedor nuestro, por lo cual solicitare a ellos que me envíe la estructura que requieren, no te pongo ninguna observación sobre el SQL ya que tenemos un sistema de geología en SQL y obtenemos datos y son presentados en nuestros dashboards.

Er

Eo

Perfecto, entonces esa es la mejor solución.

Así es, déjame prepararte esa estructura de tabla e indicarte que datos necesito, y por si acaso te enviare algunas capturas de pantalla de cómo son nuestros dashboards para que te hagas una idea de que necesitamos mostrar.

Er

Ok Luis, entonces quedamos en que estos datos lo puedo presentar en una tabla que refrescare cada 10 minutos ¿te parece?

Eo

Si está bien, considera que solo se muestra actualmente los datos representativos por hora (promedios y acumulados) de las últimas 24 horas.

Er **Muy bien, con eso me quedó claro.**

Eo Esperemos que esto funcione amigo Jair, porque nos urge saber el comportamiento de la planta o la respuesta que tiene de acuerdo al mineral que vamos enviando para poder organizar mejor nuestro trabajo en la mina.

Er

Eo **Gracias Luis, estamos en contacto, espero la estructura de las tablas y el listado de datos que requieres.**

Er

ACEPTADO POR

Usuario	Fecha
Luis Mostacero	23 de agosto de 2016

Entrevista 6: Mantenimiento

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Richard Jimenez	Entrevistado	Ingeniero de Confiabilidad Planta SR

ÁREA

Mantenimiento

ENTREVISTA

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes Richard, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de que necesita el área de mantenimiento de este sistema.

Eo Buenas tardes estimado, de acuerdo veamos de forma rápida este alcance.

Er Richard, como tú ya tienes claro conocimiento de PI System, hondaremos sobre la funcionalidad que se busca obtener referente a los módulos de Notificaciones y el módulo de AF. ¿Te parece?

Eo Sí mejor, como te dije mientras más corto y claro definamos esto, a mi parecer esta genial.

Er Tengo claro que necesitamos tener alertas y notificaciones sobre ciertos atributos de algunos equipos que directamente

tu área supervisa como son las bombas y motores, ya que esto ha sido causal de varias paradas de equipos y sistemas asociados porque esto actualmente lo vienes haciendo de forma reactiva.

Eo Lo que sucede en realidad es que el atributo que necesitamos monitorear es el del horómetro el cual al cumplir 48 horas antes de cumplir 400 horas adicionales de funcionamiento nos alerte para prever su mantenimiento preventivo, y en ciertos equipos críticos incluso 96 horas antes, asimismo nos alerte sobre el funcionamiento correcto de lubricación de los molinos, estos equipos que te he detallado los tengo en un listado que me gustaría se implemente en la brevedad porque son causal de muchas paradas de producción imprevistas, las cuales han generado grandes pérdidas monetarias para la empresa.

Er Si tienes ese listado con el detalle de los equipos, solo sería cuestión que nos la envíes y una vez implementado PI System se puede poner en funcionamiento ello en conjunto con las notificaciones informadas por planta, solo que en este caso serán notificadas al grupo que lideras.

Perfecto, gracias por entender la criticidad del mismo, otro punto es que necesitamos tener los datos de los horómetros en tiempo real para un análisis interno ¿Cómo podríamos hacer?

Eo Entiendo que estos atributos van a ser creados en tags, pero no está demás que me envíes este listado para revisar y validar que se hayan creado en PI System, por el acceso no te preocupes, la extracción de datos es a través de PI Datalink y este complemento lo tendrá instalado las personas bajo tu cargo.

Er Gracias, con eso ya tendríamos básicamente cubierto nuestra necesidad actual, ahora respecto al Asset Framework de PI System, bien es cierto que nos ayudara mucho a organizarnos, pero tomara su tiempo madurar esta idea y crear bien nuestras plantillas ¿cierto?

Eo En realidad, la implementación del árbol de PI AF es sencilla, pero como dices el punto es tener claro que vamos a implementar en este árbol y poder crecer con esta estructura de forma organizada, pero esto dependen directamente de tu área, debido a que la gestión de activos de la planta recae ahí, por lo cual eres quien debe indicar que atributos debemos mostrar para cada equipo y organizarlo para poder ser explotado en esta herramienta.

Er

Empecemos con algo básico, que sea con la definición del árbol por áreas y sistemas, donde incluiremos básicamente los

motores y bombas, citando dos atributos principales de Encendido y Horómetro, con ello iniciemos la presentación de datos y organización de estos para ser explotados por la herramienta. ¿Qué te parece?

Eo **Está bien, entonces quedamos que como primera etapa de la implementación del sistema PI AF es crear la estructura de acuerdo al archivo que enviaras con el detalle de áreas y sistemas.**

Er Perfecto, es todo en cuanto necesitamos para implementar PI System en esta primera etapa.

Eo **Gracias Richard, no olvides enviarme dicha estructura, estaré atento a tu correo.**

Er

ACEPTADO POR

Usuario	Fecha
Richard Jimenez	24 de agosto de 2016

Entrevista 7: TICA

PERSONAS INVOLUCRADAS

Nombre	Rol	Cargo
Jairsinho Patiño	Entrevistador	Analista de Sistemas
Yonell Mollenedo	Entrevistado	Analista de Infraestructura y Redes

ÁREA

TICA (Tecnologías de Información, Comunicación y Automatización)

ENTREVISTA

Entrevistador: Er

Entrevistado: Eo

Er Buenas tardes Yonell, en esta breve reunión vamos a definir un alcance claro de la integración e implementación de PI System en la minera, por lo cual vamos a realizar algunas preguntas puntuales para definir los requerimientos de este proyecto desde el punto de vista de que necesitamos del área de TICA y viceversa.

Ok, te escucho.

Eo Yonell, como sabrás vamos a implementar este nuevo sistema, por lo cual según lo recabado este es el escenario actual:

Er

Necesitaremos servidores virtuales o físicos con sistema operativo Windows.

Luego ver la creación de una red DMZ (desmilitarizado) que una a red industrial con la red administrativa.

Y finalmente virtualizar una aplicación cliente en los servidores Citrix.

Por lo cual necesitamos saber si esto es posible o que restricciones tendremos. ¿Nos puedes ayudar?

Eo Sobre los servidores no hay problema, ya que tenemos un host bastante robusto en nuestra sala de servidores (Planta y Mina) que al menos nos alcanzara a la actualidad para unos 20 a 25 servidores con requerimientos altos, eso si todos estos servidores deben tener en cuenta que han de ser configurados con las políticas de seguridad que se han definido por la compañía minera y deben ser Microsoft Windows Server 2012 R2, tenlo en cuenta ante esta implementación para poder considerarlo ante el proveedor.

Sobre la red DMZ, ya tenemos ese ambiente así que solo nos informaría que servidores deben estar ahí para poder configurar la tarjeta de red de forma correcta, asimismo detalles que puertos necesitaras para poder ser liberados en el firewall y no se tenga problemas.

Y sobre la virtualización de la aplicación, la única consideración es que la aplicación trabaje sobre una plataforma de 64 bits y nos indiques a que usuarios debería ser publicado.

Gracias Yonell, con estos datos ya tenemos un panorama claro de cómo debemos implementar e integra PI System.

Er

ACEPTADO POR

Usuario	Fecha
Yonell Mollenedo	25 de agosto de 2016

ANEXO 9: COSTOS DE LICENCIAS PI SYSTEM



Proposal

Date: 14 August 2016
Proposal No: 4100020468

Seller: OSIsoft, LLC

Account Manager: Enrique Rodriguez
Tel: 52(55)53747652

Email: erodriguez@osisoft.com

Requestor: Franz Escalante
Tel: +51-1-7088000

Sold To: [Redacted], San Isidro,
Lima 06 27 PE

SLA Number: 1016593
Terms: Net due in 90 days
Proposal Valid From: 14 August 2016
Proposal Valid To: 12 November 2016

Licensee Name: [Redacted]
Ship To: [Redacted] San Isidro, Lima
06 27 PE
Bill To: [Redacted] San Isidro, Lima
06 27 PE

1. Introduction

OSIsoft (Vendor) presents this proposal to [Redacted]. For the acquisition of our PI System for office.

2. Deliverables

Benefits of Subscription:

- Continuous updates and enhancements
- Replacement of obsolete interfaces
- Efficient and cost-effective maintenance
- 24/7 worldwide support by phone, email or the Web
- OSIsoft Training Webinars

Additional details may be found on our website at <http://www.osisoft.com/>

3. Package Cost

Serial #	Qty.	Unit	Product	Description	List (USD)	Total (USD)
2505643			PI-SERVER	PI Server Components		
	20000	EA		Additional HA Nodes	47,200.00	47,200.00
	20000	EA		PI Server, PI AF, PI ACE	118,000.00	118,000.00
	20000	EA		PI System Access (Server)	37,500.00	37,500.00
	1	EA		Relational Database Interface (RDBMS) via (Node License)	5,000.00	5,000.00
	2	EA		OPC (OLE for Process Control) Interface (Node License)	5,000.00	10,000.00
2021003			PI-CLIENT	PI Client Applications		
	30	EA		ProcessBook Individual user	750.00	22,500.00
2021005			PI-CLIENT	PI Client Applications		
	30	EA		PI for Office - Named User	1,200.00	36,000.00

Total Software Value 276,200.00

Annual Fee (15% for 12 months) 41,430.00

Annual Fee: The payment of the annual fee is made in the following year, for renewal of the licenses indicated herein.

Gross Total : 276,200.00 USD
PRICE FOB CALIFORNIA, USA

Proposal No:4100020468

14 August 2016, Page 1/1

OSIsoft, LLC 777 Davis Street, San Leandro, CA 94577, USA Tel: +1(510)297-5800

ANEXO 11: LISTADO DE SERVIDORES DE CONTROL DE PROCESOS

Título del Documento

Listado de Servidores OPC a vincularse con PI System

Alcance

El presente documento detalla la conexión básica a los servidores OPC que deben conectarse PI System y los servicios DCOM asociados a ello.

Listado de Servidores

Nombre Corto de Recurso	Nombre Servidor	DCOM	Dominio	Descripción del Servidor
OPCSG	800-OPCSG-001	OPCSG.Com2	SYS800	Contiene todos los sensores de la planta implementados del proveedor ABB.
OPC3	800-PIOPC-001	PLC.DC.Com4	SYS800	Contiene todos los sensores de la planta que son de proveedores terceros.
SYSONE	800-SYS1-001	SYSONE.List.Driver.Com1	SYS800	Contiene los sensores del System One relacionado a vibraciones de equipos.
SPLITPLT	800-SPOn-001	SPLT.Online.Driver.C1	SYS800	Contiene los sensores de Split Fajas de Chancado y Molienda
SPLITMINA	900-SPOn-002	SPLT.Online.Driver.C1	SYS800	Contiene los sensores de Split Fajas de Chancado y Molienda
OPCVSM	800-VSM-001	Zaranda.100.Ctrl.00	SYS800	Contiene los sensores relacionados a la Zaranda 100 y 101.

Credenciales de Acceso

Para poder acceder a los servicios se tiene que contar con credenciales de Windows del dominio de la red industrial, para lo cual se debe solicitar al administrador de dominio de la red industrial, la creación de una cuenta de servicio.

ANEXO 12: LISTADO DE INSTRUMENTS TAGS A CREAR EN PI SYSTEM

Debido a políticas de confidencialidad de la compañía minera en el presente anexo solo se mostrará un listado representativo de instruments tag actualmente existentes en el System 800xa, siendo alrededor un total de 13,000 tags por crear, a continuación, se detalla el cuadro de tags a crear agrupados por el servidor de origen.

Anexo 12.1: Listado de Instruments Tags para la Interfaz OPCSG

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
PL:260PP042M1_HS_DCS	MODO MOTOR DE BOMBA SUMIDERO DE SISTEMA DE DISTRIB	DIGITAL		AUTOMANUAL	OPCSG	260PP042M1.HS.DCS:IO.Value	5
PL:255MV001M07_ACTIVE_POWER_DCS	POTENCIA ACTIVA RELÉ REF545 SALA ER28	FLOAT32	kW		OPCSG	255MV001M07.ACTIVE.POWER.DCS:IO.Value	1
PL:283TIC0095_SP_DCS	SETPOINT DE CONTROL DE NIVEL DE TANQUE 283TK041	FLOAT64	°C		OPCSG	283TIC0095.SP.DCS:IO.Value	10
PL:220PP116VF_YY_DCS	RUN STATUS MOTOR BOMBA STAND BY UNDERFLOW ESPESADO	DIGITAL		RUNSTOP	OPCSG	220PP116VF.YY.DCS:IO.Value	1
PL:210TE2530B_DCS	TEMPERATURA MOLINO BOLAS N°1 TRUNNION BEARING DI	FLOAT32	°C		OPCSG	210TE2530B.DCS:IO.Value	10
PL:284PP095M1_YY_DCS	RUN STATUS BOMBA DE TRANSFERENCIA CAUSTICA	DIGITAL		RUNSTOP	OPCSG	284PP095M1.YY.DCS:IO.Value	10
PL:210TE2710N_DCS	TEMPERATURA RODAMIENTO LADO NON-DRIVE BOMBA ALTA	FLOAT32	°C		OPCSG	210TE2710N.DCS:IO.Value	10
PL:200CR001.ACCTB_NPINS_DCS	CHANCADO DETENIDO POR MTTO NO PROG INSTRUMENTACION	FLOAT32	min		OPCSG	200CR001.ACCTB.NPINS.DCS:IO.Value	1

Anexo 12.2: Listado de Instruments Tags para la Interfaz OPC3

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
PL:245FL003_TBACK_WASH_RIGTH_PLC	FILTRO 3-TIEMPO SETEADO DE BACK WASH RIGHT EN HMI	FLOAT32	seg		OPC3	245FL003.TBACK.WASH.RIGTH.PLC:IO.Value	10
PL:200WINCH_YY_DRIVECONTACTOR_PLC	WINCH DRIVE AC CONTACTOR CLOSED (1 = CLOSED)	DIGITAL		RUNSTOP	OPC3	200WINCH.YY.DRIVECONTACTOR.PLC:IO.Value	1
PL:255PP049_FISLL6_PLC	ALARMA FLUJO BAJO-BAJO DE LÍQUIDO PROPELENTE GEHO	DIGITAL		DIGITAL STATE	OPC3	255PP049.FISLL6.PLC:IO.Value	10
PL:200LU010M1_YY_PLC	RUN STATUS MOTOR BOMBA SIST. LUBRICACIÓN CST M4	DIGITAL		RUNSTOP	OPC3	200LU010M1.YY.PLC:IO.Value	1
PL:210TI4106_PLC	TEMPERATURA CONTRAEJE CHANCADORA PEBBLES 2	FLOAT32	°C		OPC3	210TI4106.PLC:IO.Value	10
PL:255PP054_TE10H_PLC	TEMPERATURE GEARBOX BEARING H BOMBAS GEHO 54	FLOAT32	°C		OPC3	255PP054.TE10H.PLC:IO.Value	10
PL:255PP050_PT7_PLC	PRESSURE AIR BOMBAS GEHO 50	FLOAT32	kPa		OPC3	255PP050.PT7.PLC:IO.Value	10
PL:260FT1.SPEED_PLC	DATO INGRESADO DE VELOCIDAD DE FEEDER PARA PREPARA	FLOAT32	%		OPC3	260FT1.SPEED.PLC:IO.Value	1
PL:220PIT1152_PLC	BEDMASS ESPESADOR BULK,PV	FLOAT32	%		OPC3	220PIT1152.PLC:IO.Value	10
PL:255PP056_FISLL6_PLC	ALARMA FLUJO BAJO-BAJO DE LÍQUIDO PROPELENTE GEHO	DIGITAL		DIGITAL STATE	OPC3	255PP056.FISLL6.PLC:IO.Value	10
PL:210SSL1502_PLC	VELOCIDAD CERO EN 210SC002	DIGITAL		ONOFF	OPC3	210SSL1502.PLC:IO.Value	1
PL:255PP052_PDSH10_PLC	ALARMA PRESION DIFERENCIAL DE FILTRO CONTAMINADO G	DIGITAL		DIGITAL STATE	OPC3	255PP052.PDSH10.PLC:IO.Value	10
PL:210CR002_SV5_PLC	SV5 - SOLENOID VALVE 5: CLAMP PRESSURE - CHANCADOR	DIGITAL		ONOFF	OPC3	210CR002.SV5.PLC:IO.Value	1

Anexo 12.3: Listado de Instruments Tags para la Interfaz SYSONE

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
PL:800PP008-2T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO ACOPLER 800PP008 2T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP008-2T.TT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP008-2R_VT_DCS	VIBRACIÓN RADIAL LADO ACOPLER 800PP008 2R	FLOAT32	mm/s		SYSONE	800PP008-2R.VT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP008-1T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO LIBRE 800PP008 1T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP008-1T.TT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP008-1R_VT_DCS	VIBRACIÓN RADIAL LADO LIBRE 800PP008 1R	FLOAT32	mm/s		SYSONE	800PP008-1R.VT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP007-2T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO ACOPLER 800PP007 2T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP007-2T.TT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP007-2R_VT_DCS	VIBRACIÓN RADIAL LADO ACOPLER 800PP007 2R	FLOAT32	mm/s		SYSONE	800PP007-2R.VT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP007-1T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO LIBRE 800PP007 1T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP007-1T.TT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP007-1R_VT_DCS	VIBRACIÓN RADIAL LADO LIBRE 800PP007 1R	FLOAT32	mm/s		SYSONE	800PP007-1R.VT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP006-2T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO ACOPLER 800PP006 2T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP006-2T.TT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP006-2R_VT_DCS	VIBRACIÓN RADIAL LADO ACOPLER 800PP006 2R	FLOAT32	mm/s		SYSONE	800PP006-2R.VT.DCS:IO.Value	2
PL:800PP006-1T_TT_DCS	TEMPERATURA RADIAL LADO LIBRE 800PP006 1T	FLOAT32	°C		SYSONE	800PP006-1T.TT.DCS:IO.Value	2

Anexo 12.4: Listado de Instruments Tags para la Interfaz SYSPLT

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
PL:210CV005_TOPSIZE_SOL1	SPLIT TOPSIZE FAJA 210CV005	FLOAT32	%		SYSPLT	210CV005.TOPSIZE.SOL1:IO.Value	1
PL:210CV005_RED_SOL1	210CV005 INTENSIDAD ROJO	INT16			SYSPLT	210CV005.RED.SOL1:IO.Value	1
PL:210CV005_M8_SOL1	SPLIT MALLA 8 PASANTE MENOR 0.093	FLOAT32	%		SYSPLT	210CV005.M8.SOL1:IO.Value	1
PL:210CV005_M70_SOL1	SPLIT MALLA 70 PASANTE MENOR 0.0083	FLOAT32	%		SYSPLT	210CV005.M70.SOL1:IO.Value	1
PL:210CV005_M6IN_SOL1	SPLIT MALLA 6IN PASANTE MENOR 6.0	FLOAT32	%		SYSPLT	210CV005.M6IN.SOL1:IO.Value	1

Anexo 12.5: Listado de Instruments Tags para la Interfaz SYSMINA

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
MN:200PALAS2_TOPSIZE_SOL2	SPLIT TOPSIZE PALAS2	FLOAT32	%		SYSMINA	200PALAS2.TOPSIZE.SOL2:IO.Value	1
MN:200PALAS2_SEMIFINO_SOL2	SPLIT SEMI FINO PALAS2	FLOAT32	%		SYSMINA	200PALAS2.SEMIFINO.SOL2:IO.Value	1
MN:200PALAS2_M9IN_SOL2	SPLIT MALLA 5IN PASANTE MENOR 9.0 PALAS2	FLOAT32	%		SYSMINA	200PALAS2.M9IN.SOL2:IO.Value	1
MN:200PALAS2_M8IN_SOL2	SPLIT MALLA 4IN PASANTE MENOR 8.0 PALAS2	FLOAT32	%		SYSMINA	200PALAS2.M8IN.SOL2:IO.Value	1
MN:200PALAS2_M7IN_SOL2	SPLIT MALLA 6IN PASANTE MENOR 7.0 PALAS2	FLOAT32	%		SYSMINA	200PALAS2.M7IN.SOL2:IO.Value	1

Anexo 12.6: Listado de Instruments Tags para la Interfaz OPCVSM

Nombre del Tag	Descripción	Tipo	Unidad de Medida	Digital Set	Nodo Interfaz	Instrument Tag	Tiempo Escaneo (seg)
PL:210TI071_VSM	TEMPERATURA HORIZONTAL DEL EXCITADOR IZQUIERDO	FLOAT32	°C		OPCVSM	210TI071.VSM:IO.Value	2
PL:210VI112_VSM	1 VIBRACION VERTICAL DIS WFM - RHF LADO DERECHO AL	FLOAT32	um		OPCVSM	210VI112.VSM:IO.Value	2
PL:210VI192_VSM	VIBRACIÓN HORIZONTAL DEL PILLOW BLOCK LADO IZQUIER	FLOAT32	g (RMS)		OPCVSM	210VI192.VSM:IO.Value	2
PL:210VI123_VSM	2 VIBRACION AXIAL DIS WFM - LHF LADO IZQUIERDO ALI	FLOAT32	um		OPCVSM	210VI123.VSM:IO.Value	2
PL:210VI191_SDI_VSM	VIBRACIÓN HORIZONTAL DEL MOTOR LADO IZQUIERDO (ACE	FLOAT32	g (RMS)		OPCVSM	210VI191.SDI.VSM:IO.Value	2
PL:210VI161_VSM	VIBRACIÓN HORIZONTAL DEL EXCITADOR CENTRAL (ACELER	FLOAT32	g (RMS)		OPCVSM	210VI161.VSM:IO.Value	2
PL:210VI143_VSM	4 VIBRACION AXIAL DIS WFM - LHD LADO IZQUIERDO DES	FLOAT32	um		OPCVSM	210VI143.VSM:IO.Value	1
PL:210TI161_VSM	TEMPERATURA HORIZONTAL DEL EXCITADOR CENTRAL ZARA	FLOAT32	°C		OPCVSM	210TI161.VSM:IO.Value	2
PL:210VI091_DEM_VSM	VIBRACIÓN HORIZONTAL DEL MOTOR LADO IZQUIERDO (ACE	FLOAT32	g (RMS)		OPCVSM	210VI091.DEM.VSM:IO.Value	2
PL:210VI152_VSM	VIBRACIÓN VERTICAL DEL EXCITADOR LADO DERECHO (ACE	FLOAT32	g (RMS)		OPCVSM	210VI152.VSM:IO.Value	2
PL:210VI181_SI_VSM	VIBRACIÓN HORIZONTAL DEL MOTOR LADO DERECHO (VELOC	FLOAT32	mm/s		OPCVSM	210VI181.SI.VSM:IO.Value	2

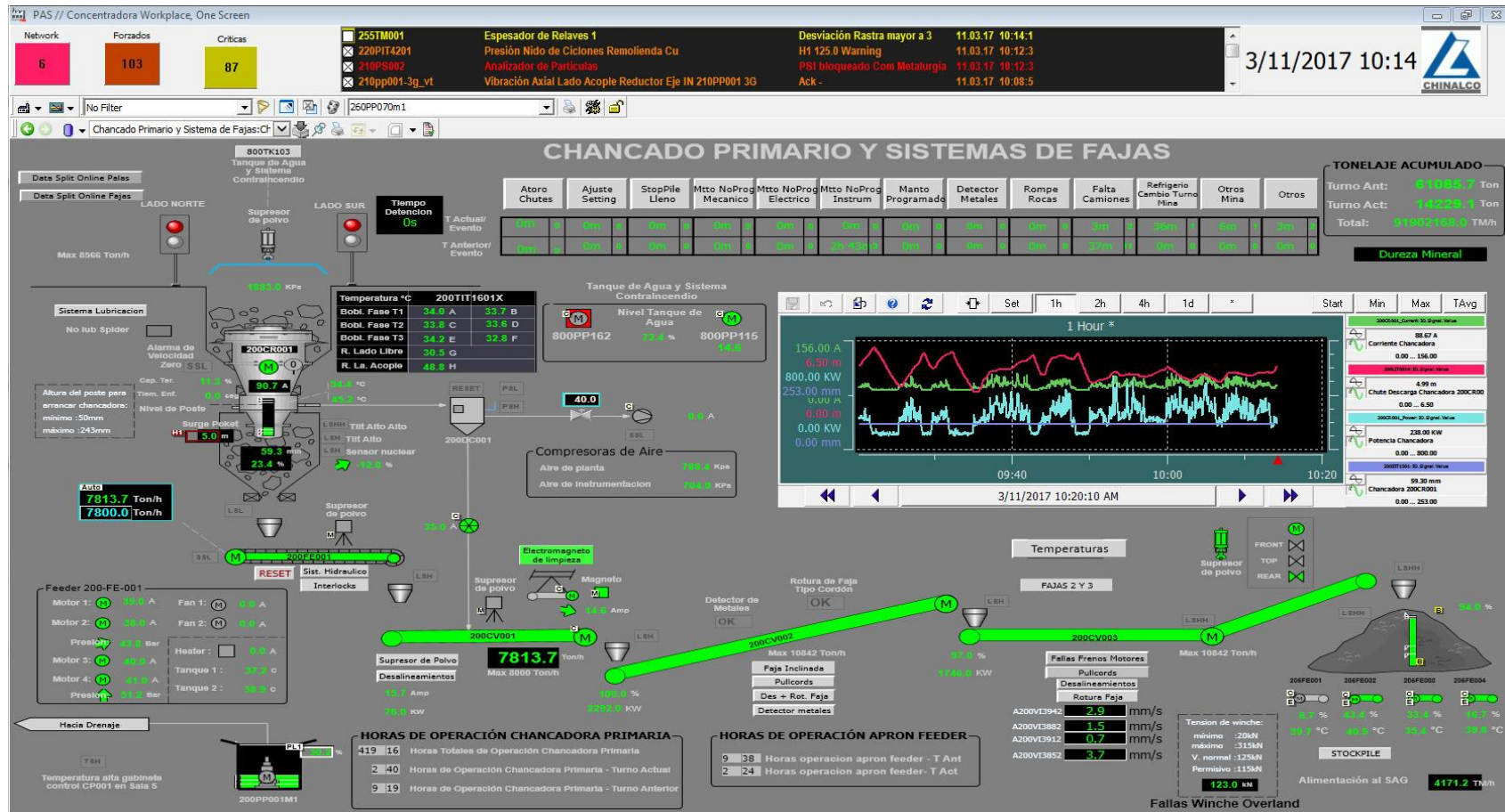
Anexo 12.7: Tabla de Tipos Digital States

		Valor (Int)															
Ítem	Digital State Set	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	32	64	128	256	257
1	AlimentacionFiltro245		IDLE	Condition Check		Open Valves				Ramp Up Feed Pump		Feed Cycle Timed	Ramp Down Feed Pump	Close Valves			
2	AUTOMANUAL	Manual	Auto														
3	BatchAct	Inactive	Active														
4	Ciclos245	IDLE	CLOSE CLAMP	BACKWASH	FEED	CORE WASH BLOW	CAKE BLOW	CAKE DISCHARGE	CLOTH WASH	CYCLE COMPLETE	MANUAL CLOTH WASH						
5	CLOSE	OPEN	CLOSE														
7	digital state	FALSE	TRUE														
8	DIRECCION	forward	Reverse														
9	ESTADO	Not Ready	Ready														
10	FalseTrue	FALSE	TRUE														
11	Filtros245		Manual Mode	Semi auto mode		Auto Mode				Stop at End of Cycle		Cycle Started	Press In Alarm				
15	Lazo	Manual	Auto	SPExt1	SPExt2												

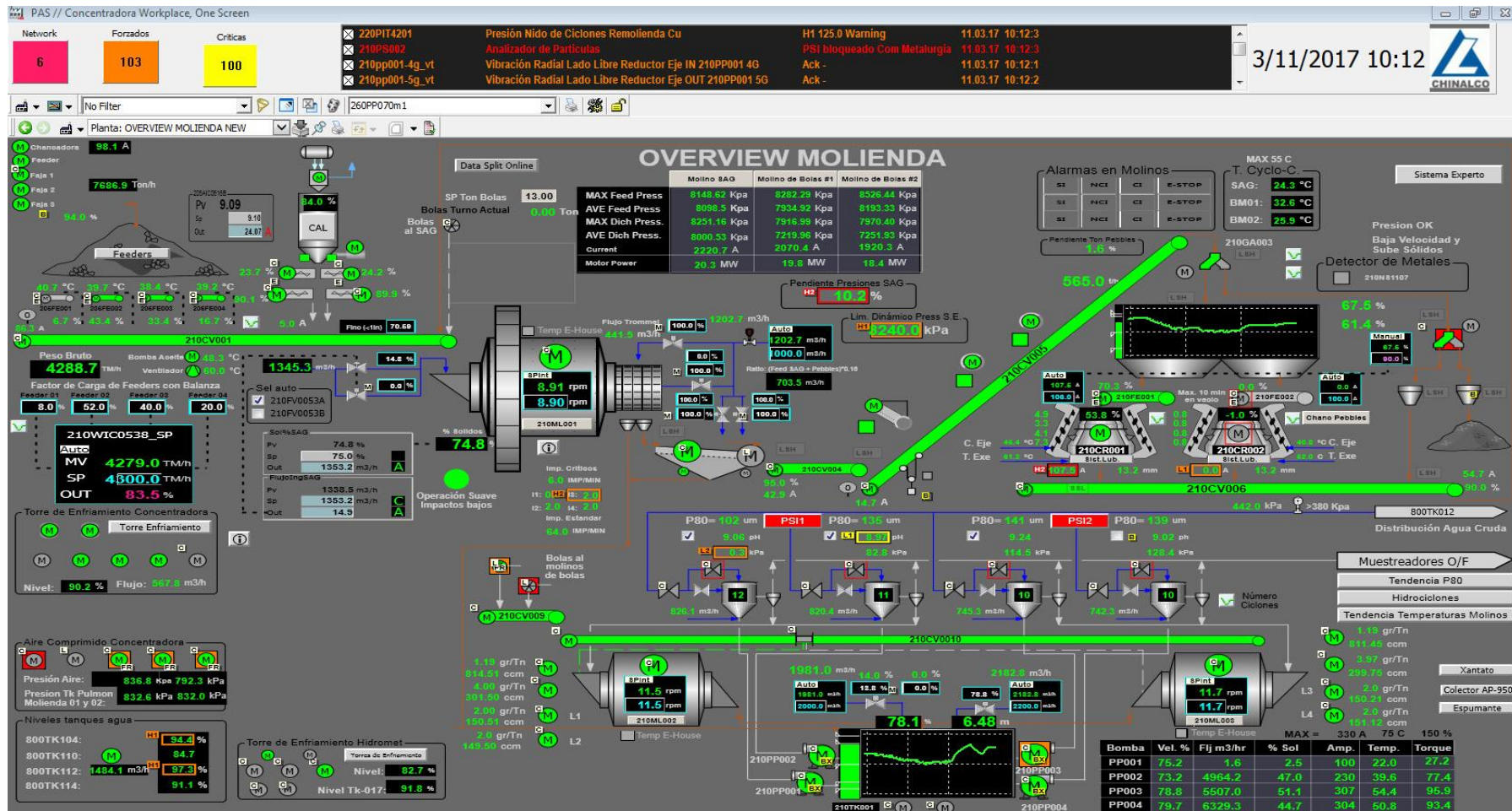
		Valor (Int)															
Ítem	Digital State Set	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	32	64	128	256	257
16	Loop	DCS	EXP														
17	MANUALAUTO	Auto	Manual														
18	Modes	Manual	Auto	Cascade	Program	Prog-Auto											
19	ONOFF	Off	ON														
20	OPEN	CLOSE	OPEN														
22	Phases	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	Phase5	Phase6	Phase7	Phase8								
23	RUNSTOP	STOP	RUN														

ANEXO 13: PANTALLAS DE MONITOREO A IMPLEMENTAR EN PI SYSTEM (REFERENCIA DEL SYSTEM 800XA)

Anexo 13.1: Pantalla de Chancado

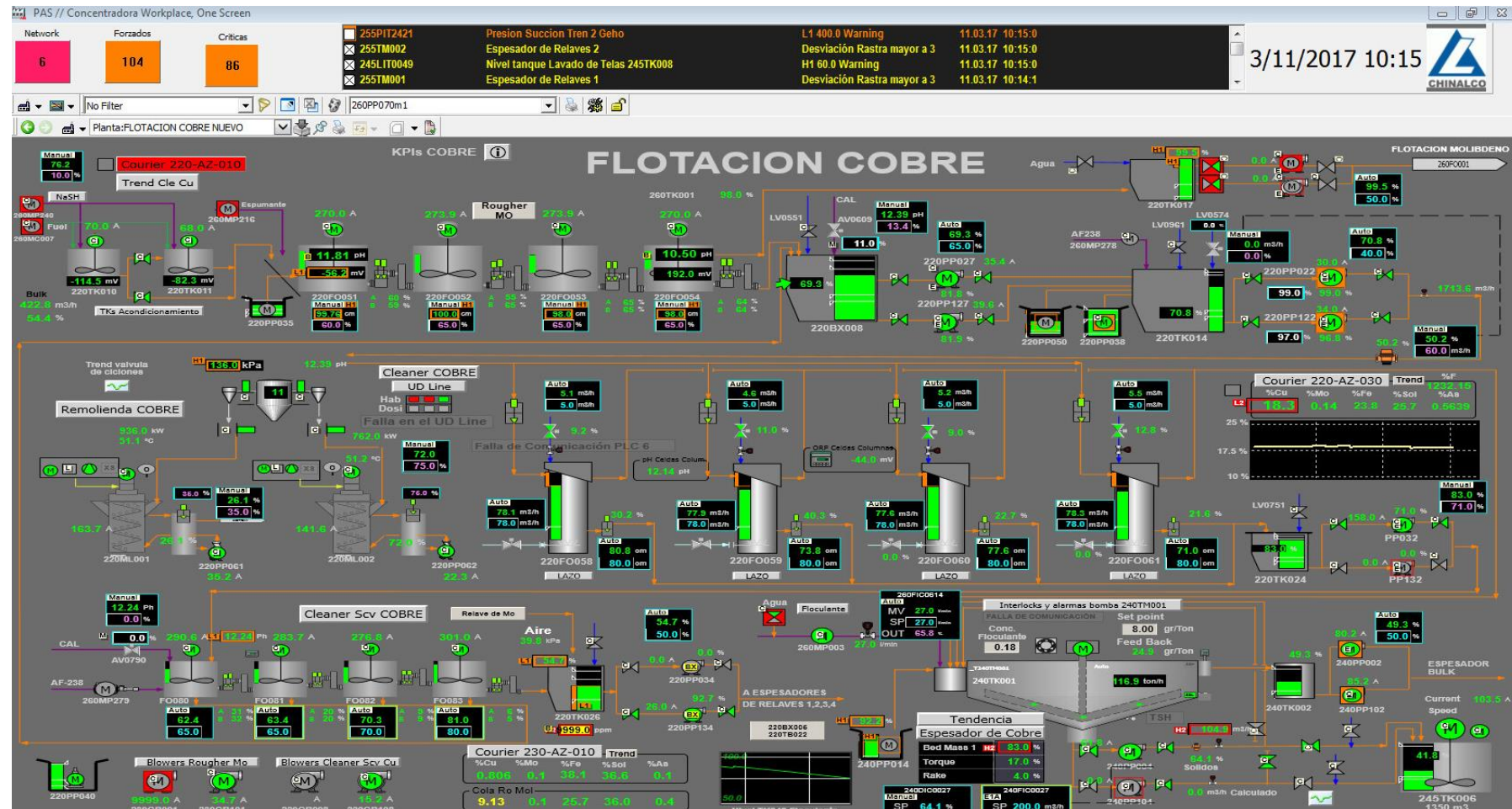


Anexo 13.2: Pantalla de Molienda



[illegible]

Anexo 13.4: Pantalla de Espesador Cobre



PAS // Controladora Operación - One Screen

Network: 6 Forzados: 103 Criticas: 86

Alarms:

- 24SLT0049 Nivel tanque Lavado de Telas 24STK008
- 220LI0751 Cajon de Bomba Alimentador Scavenger
- 25SPIT2421 Presion Succion Tren 2 Geho
- 25STM001 Espesador de Relaves 1

Status:

- L1 40.0 Warning 11.03.17 10:16:4
- H1 90.0 Warning 11.03.17 10:16:1
- L1 400.0 Warning 11.03.17 10:15:0
- Desviación Rastra mayor a 3 11.03.17 10:14:1

Date/Time: 3/11/2017 10:17

Logo: CHINALCO

Plant Name: Planta:FILTROS PRENSA NUEVO

FILTROS PRENSA

TIEMPOS POR ETAPA Y CANTIDAD DE CICLOS DE FILTRADO

TURNO	Close Clamp	Back Wash	Feed	Core Wash	Cake Blow	Cake Discharge	Cloth Wash	TIEMPO	CICLOS	TOTAL
FILTRO 1	Anterior 1m 12s	0ms	3m 17s	25s	4m 22s	1m 38s	1m 35s	12' 31"	57	38933
	Actual 6m 29s	0ms	3m 16s	25s	3m 40s	0ms	0ms	13' 51"	16	
FILTRO 2	Anterior 1m 14s	0ms	3m 39s	25s	4m 14s	1m 39s	1m 17s	12' 31"	58	38896
	Actual 1m 14s	0ms	1m 20s	0ms	0ms	0ms	0ms	2' 35"	15	
FILTRO 3	Anterior 1m 20s	0ms	3m 30s	24s	4m 11s	1m 35s	1m 17s	12' 19"	56	40748
	Actual 1m 20s	0ms	3m 29s	38s	3m 15s	0ms	0ms	8' 44"	16	
TOT. T. ANTERIOR									171	
TOT. T. ACTUAL									47	

Aire Comprimido:
Compresoras: 2
Presión Aire: 769.1 Kpa
Bombas de Enfriamiento: 82.4 %

Registro de Embarque de Concentrado por Ferrocarril:
PESO: 0.08 Ton

Concentrado Final Trend:
%Cu: 16.3
%Mo: 0.44
%Fe: 23.0
%Sol: 25.7
%Arsenico: 0.5639

TIEMPO FUNCIONAMIENTO BOMBAS

Bombas de Cloth Wash:
24SPPP007, 24SPPP107, 24SPPP008, 24SPPP108C

Bombas de Core Wash:
24SPPP008, 24SPPP108C

Parámetros de Operación:

- Fallas 245FL001, 245FL002, 245FL003: TENDENCIA

Cycle Phase:

- Filtro 1: CAKE BLOW
- Filtro 2: FEED
- Filtro 3: CAKE BLOW

Presiones y Flujos:

- 727.9 KPa, 764.3 KPa, 666.3 KPa, 774.2 KPa, 730.3 KPa, 762.6 KPa
- Flujo: 109.0 msh
- Presión: 769.1 Kpa

Espeador de Cobre: 24SPPP004, 24SPPP005

Tempo y Cantidad de Ciclos de Filtrado:

TURNO	TIEMPO	CICLOS
FILTRO 1	Anterior 12' 31"	57
	Actual 13' 51"	16
FILTRO 2	Anterior 12' 31"	58
	Actual 2' 35"	15
FILTRO 3	Anterior 12' 19"	56
	Actual 8' 44"	16
ACUM. ANTERIOR		171
ACUM. ACTUAL		47

Bombas de Feed to Filters:
24SPPP004, 24SPPP006, 24SPPP005

Bombas deben estar en modo Cen/Ext

Cálculos:

- Cobre Fino: 0.00
- Toneladas concentrado: 0.00

Acumulado por Turno:

Tonelaje Cu Fino Act	Tonelaje Cu Fino Ant	Tonelaje Cobre Ant
200000.00	260.66	1496.78

PAS // Concentrador de Muestra - One Screen

Network: 6 Forzados: 103 Críticas: 86

Plantas-ESPESADORES Y RELAVES

260PP070m1

Set point: 15.0 gr/Ton
Feed Back: 14.5 gr/Ton
Velocidad de Sedimentación: 1.0 m/h
Clarity: 83.1 %

Set point: 13.0 gr/Ton
Feed Back: 12.1 gr/Ton

Set point: 15.0 gr/Ton
Feed Back: 13.3 gr/Ton

Set point: 24.0 gr/Ton
Feed Back: 23.8 gr/Ton

Espesador 1 Tendencia

Espesador 2 Tendencia

Espesador 3 Tendencia

Espesador 4 Tendencia

KPIs RELAVES

Tendencia Espesadores	ESPESADOR 1	ESPESADOR 2	ESPESADOR 3	ESPESADOR 4
Flujo Bomba Ciclones	6151.5 m ³ /h	4690.2 m ³ /h	5566.7 m ³ /h	6021.0 m ³ /h
Total Masa	15.9 TMPH	13.2 TMPH	18.2 TMPH	18.5 TMPH
Bed Masa 1	55.0 %	92.0 %	59.0 %	62.0 %
Bed Masa 2	28.0 %	33.0 %	30.0 %	46.0 %
Torque	54.0 %	28.0 %	28.0 %	27.0 %
Rakee	15.0 %	14.0 %	2.0 %	3.0 %
Velocidad Bombas U/F	63.7 %	64.3 %	65.5 %	67.2 %
Presion Descarga Bomba	619.1 kPa	619.5 kPa	629.3 kPa	635.6 kPa

Bombas GEHO

TON SAG: 4401.7 TMH

800TK112: 97.3 %

800TK114: 91.0 %

S.E. Relaves

Anexo 13.7: Pantalla de Courier

PAS // Concentradora Workplace, One Screen

Network: 6 Forzados: 102 Criticas: 83

210CR002_Current Corriente Chancadora Pebbles 2 L1 85.0 Warning 11.03.17 10:18:0
 T240TM001 Espesador de Concentrado Desviación Rastra mayor a 3 11.03.17 10:18:0
 210pp002-7p_vt Vibración Radial Lado Acople Bomba 210PP002 7P Ack - 11.03.17 10:17:1
 255PIT2421 Presion Succion Tren 2 Geho L1 400.0 Warning 11.03.17 10:15:0

3/11/2017 10:18 CHINALCO

No Filter 260PP070m1

Planta: COURIER 220AZ010

COURIER 220-AZ-010

Flotacion Bulk Celda Med. Mantto Activo
 Flotacion Cobre Celda Med. Bloqueada - Alar
 Courier 220-AZ-030 Med. Courier en Standby

	%Cu	%Mo	Ag (gr/tn)	%Fe	%As	%Sol	Estatus	Fluor Rougher L1	Tendencia	Bypass 1° Celdas
Alimentacion Rougher L-1	0.699	0.005	7.227	8.955	0.0518	19.628	REQUEST	2194.585	RECUPERACION TOTAL 0000.00 %	
Alimentacion Rougher L-2	0.868	0.009	9.155	10.128	0.0609	21.803	REQUEST		Recuperación RoBulk L-1 87.7 %	
Alimentacion Rougher L-3	1.040	0.011	11.585	9.949	0.0791	27.660	REQUEST		Recuperación RoBulk L-2 89.8 %	
Alimentacion Rougher L-4	0.840	0.009	10.272	9.967	0.0472	24.547	REQUEST		Recuperación RoBulk L-3 85.4 %	
Cola Rougher L-1	0.110	0.002	1.050	5.227	0.0820	23.420	REQUEST		Recuperación RoBulk L-4 81.9 %	
Cola Rougher L-2	0.100	0.009	5.044	0.927	0.0477	28.687	REQUEST		Recuperación CleBulk L-1 0.0 %	
Cola Rougher L-3	0.173	0.005	2.238	7.545	0.0251	27.402	REQUEST		Recuperación CleBulk L-2 99.0 %	
Cola Rougher L-4	0.167	0.003	2.489	6.890	0.0200	23.421	REQUEST		Recuperación Cleaner Cu 1.0 %	
Cola Cleaner Bulk L-1	0.419	0.032	8.961	32.359	0.0645	23.426	REQUEST		% de Masa RoBulk L-1 21.89 %	Fuera de Rango
Cola Cleaner Bulk L-2	0.442	0.024	7.443	35.821	0.0565	22.406	REQUEST		% de Masa RoBulk L-2 11.42 %	Fuera de Rango
Concentrado Rougher L-1	2.802	0.011	5.130	27.664	0.1032	32.802	REQUEST		% de Masa RoBulk L-3 12.18 %	
Concentrado Rougher L-2	6.826	0.060	74.162	30.019	0.1703	27.761	REQUEST		% de Masa RoBulk L-4 9.25 %	
Concentrado Rougher L-3	7.291	0.086	71.164	32.372	0.2140	41.004	REQUEST		% de Masa ClnBulk L-1 126.91 %	
Concentrado Rougher L-4	7.438	0.076	78.683	33.597	0.2014	27.429	REQUEST		% de Masa ClnBulk L-2 86.47 %	
Concentrado Cleaner Bulk L-1	4.887	0.091	46.576	26.633	0.1342	20.787	REQUEST		% Masa FE RoBulk L-1 16.62 %	
Concentrado Cleaner Bulk L-2	6.973	0.000	98.537	29.771	0.5593	0.000	REQUEST		% Masa FE RoBulk L-2 31.63 %	
Relave Final 1 - 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0004	0.000	REQUEST		% Masa FE RoBulk L-3 9.68 %	
Relave Final 2 - 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0004	0.000	REQUEST		% Masa FE RoBulk L-4 11.52 %	

Canal no configurado
 En medicion
 Línea en bypass
 Problemas en la línea
 Error de medicion
 Error de rango de medicio
 Alarma general

ANEXO 14: LISTADO DE RESET HORÓMETROS – METALURGIA

1. Título del Documento

Listado de Horómetros de Resetear de Ciclones / Celdas de Flotación por Metalurgia

2 Alcance

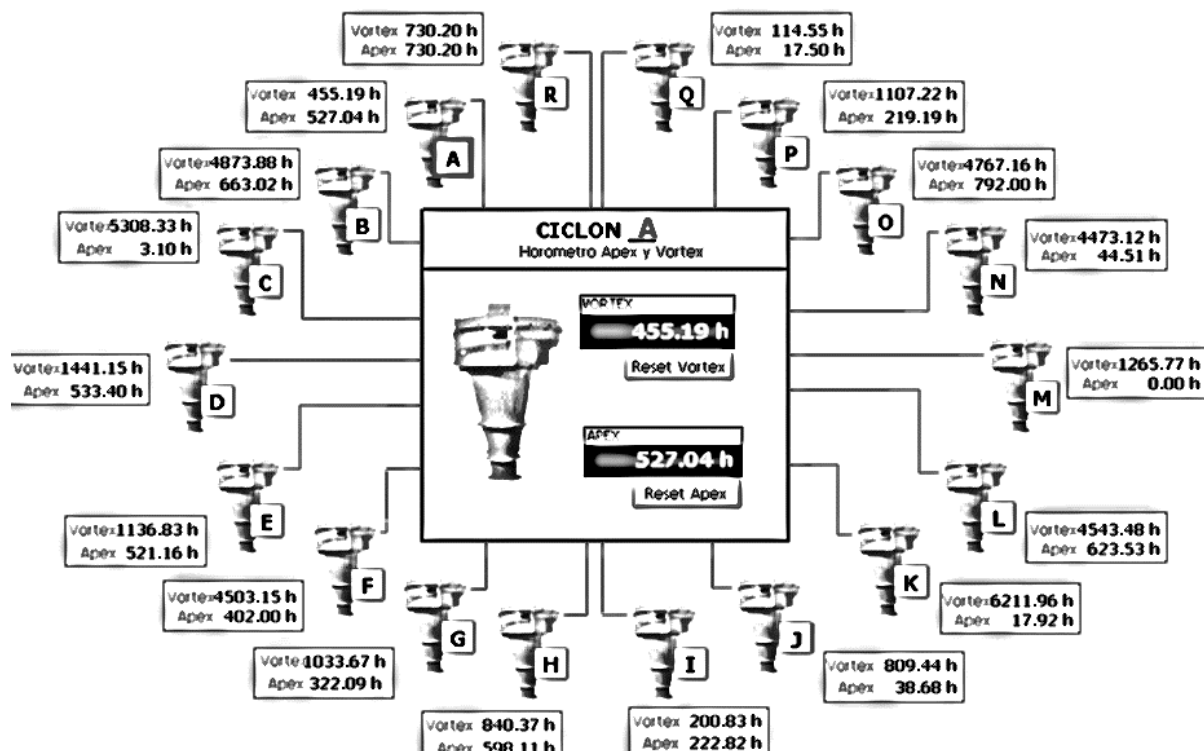
El presente documento detalla el listado de equipos que debe poder resetearse sus horómetros desde PI System por el área de Metalurgia, asimismo muestra unas imágenes de los diseños posibles de la pantalla a implementarse.

3 Listado de Horómetros de Ciclones

Ítem	Código Equipo	Instrumento	Descripción
1	210HV4202A	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon A Hidrociclon 2
2	210HV4202A	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon A Hidrociclon 2
3	210HV4202B	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon B Hidrociclon 2
4	210HV4202B	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon B Hidrociclon 2
5	210HV4202C	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon C Hidrociclon 2
6	210HV4202C	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon C Hidrociclon 2
7	210HV4202D	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon D Hidrociclon 2
8	210HV4202D	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon D Hidrociclon 2
9	210HV4202E	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon E Hidrociclon 2
10	210HV4202E	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon E Hidrociclon 2
...
142	210HV4225Q	Vortex	Reseteo Horometro Vortex Ciclon Q Hidrociclon 3
143	210HV4225R	Apex	Reseteo Horometro Apex Ciclon R Hidrociclon 3

4. Pantalla de Reset de Horómetros de Ciclones [Draft]

HOROMETRO DE CICLONES: NIDO 2

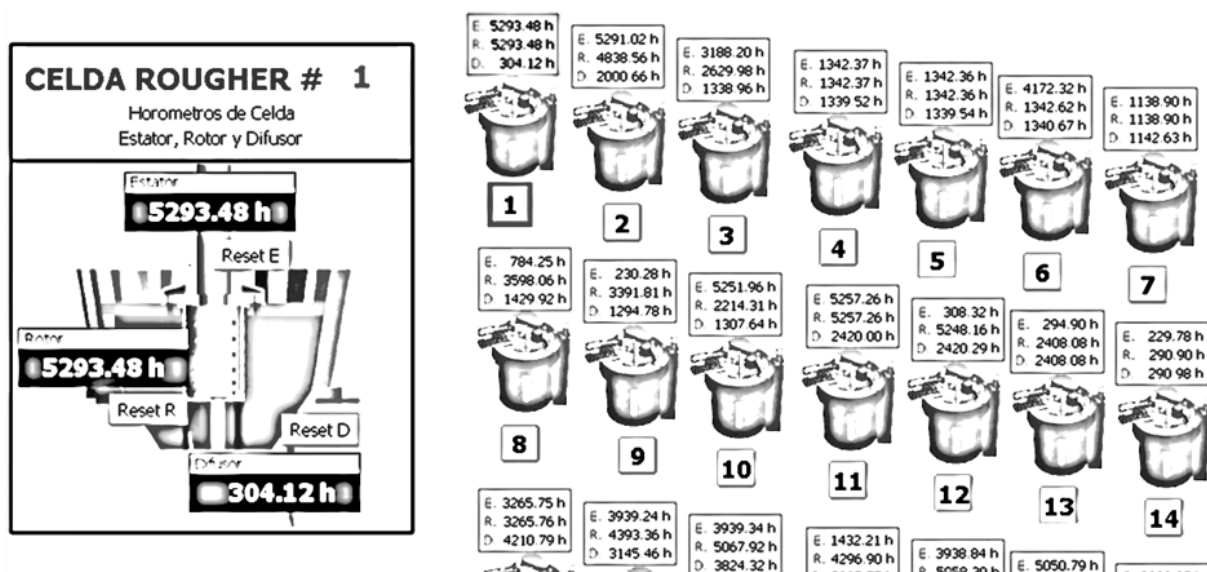


5.Listado de Horómetros de Celdas de Flotación

Ítem	Código Equipo	Instrumento	Descripción
1	220F0001	Difusor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Difusor Celda Rougher 001
2	220F0001	Estator	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Estator Celda Rougher 001
3	220F0001	Rotor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Rotor Celda Rougher 001
4	220F0002	Difusor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Difusor Celda Rougher 002
5	220F0002	Estator	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Estator Celda Rougher 002
6	220F0002	Rotor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Rotor Celda Rougher 002
...

82	220F0028	Difusor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Difusor Celda Rougher 028
83	220F0028	Estator	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Estator Celda Rougher 028
84	220F0028	Rotor	Reset PB - Escritura a DCS Reset Horómetro Rotor Celda Rougher 028

6. Pantalla de Reset de Horómetros de Ciclones



7. Credenciales de Acceso

Las personas que deben poder resetear estos equipos deben ser autorizados por nuestra gerencia de metalurgia y será informada una vez concluida con las pruebas.

**ANEXO 15: LISTADO DE ACTIVOS INFORMADOS POR EL ÁREA DE MANTENIMIENTO
(ÁREA 200, 205, 210, 255)**

Área	Tipo Equipo	Equipo	Componente	
AREA 200				
	200-CR			
			200-CR-001	CHANCADORA GIRATORIA PRIMARIA
	200-LU			
			200-LU-001-M1	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-M1
			200-LU-001-M2	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-M2
			200-LU-005	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-005
			200-LU-006	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-006
			200-LU-007	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-007
			200-LU-008	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-008
			200-LU-009	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-009
			200-LU-010	SISTEMA DE LUBRICACIÓN LU-010
	200-HU			
			200-HU-001-M2	SISTEMA HYDROSET HU-001
			200-HU-001-M2	SISTEMA HYDROSET HU-002
	200-PP-001 APRON FEEDER			
			200-PP-003	BOMBA HIDRÁULICA PP-003
			200-PP-004	BOMBA HIDRÁULICA PP-004
			200-PP-005	BOMBA HIDRÁULICA PP-005
			200-PP-006	
	200-CV			
		200-CV-001		
			200-CV-001-H1	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL
		200-CV-002		
			200-CV-002-M1	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -M1
			200-CV-002-M2	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -
		200-CV-003		
			200-CV-003-M1	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -M1
			200-CV-003-M2	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -M2
			200-CV-003-M3	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -M3
			200-CV-003-M4	FAJA TRANSPORTADORA DE MINERAL -M4
	200-FA			
			200-FA-001-M1	COLECTOR
			200-FA-001-M2	COLECTOR
	200-CK			
			200-CK-001	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CHANCADORA PRIMARIA
			200-CK-002	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CHANCADORA PRIMARIA

Área	Tipo Equipo	Equipo	Componente	
			200-CK-003	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN APRON FEEDER
			200-CK-004	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN APRON FEEDER
	200-GB			
			200-GB-001	SOPLADOR DE SELLO DE POLVO
	200-DC			
			200-DC-001	COLECTOR
	200-GC			
			200-GC-001	COMPRESORA DE TORNILLO GC-001
			200-GC-002	COMPRESORA DE TORNILLO GC-002
AREA 205				
	205HP001			
			205-PP-001	BOMBA HIDRÁULICA PP-001
			205-PP-002	BOMBA HIDRÁULICA PP-002
	205HP002			
			205-PP-003	BOMBA HIDRÁULICA PP-003
			205-PP-004	BOMBA HIDRÁULICA PP-004
	205HP003			
			205-PP-005	BOMBA HIDRÁULICA PP-005
			205-PP-006	BOMBA HIDRÁULICA PP-006
	205HP004			
			205-PP-007	BOMBA HIDRÁULICA PP-007
			205-PP-008	BOMBA HIDRÁULICA PP-008
AREA 210				
	210-CV			
			210-CV-001	FAJA TRANSPORTADORA CV-001
			210-CV-004	FAJA TRANSPORTADORA CV-004
			210-CV-005	FAJA TRANSPORTADORA CV-005
			210-CV-006	FAJA TRANSPORTADORA CV-006
			210-CV-009	FAJA TRANSPORTADORA CV-009
			210-CV-010	FAJA TRANSPORTADORA CV-010
	210-FE			
			210-FE-001	ALIMENTADOR DE FAJA FE-001
			210-FE-002	ALIMENTADOR DE FAJA FE-002
	210-SN			
			210-SN-001	ZARANDA 4.2 X 8.5 M SN-001
			210-SN-101	ZARANDA 4.2 X 8.5 M SN-101
	210-CR			
			210-CR-001	CHANCADORA CÓNICA PEBBLES #1
			210-CR-002	CHANCADORA CÓNICA PEBBLES #2
	210-ML			
			210-ML-001	MOLINO SAG

Área	Tipo Equipo	Equipo	Componente	
			210-ML-002	MOLINO DE BOLAS ML-002
			210-ML-003	MOLINO DE BOLAS ML-003
	210-PP			
		210PP HYDROCYCLONE		
			210-PP-001	BOMBA HORIZONTAL 650MCR
			210-PP-002	BOMBA HORIZONTAL 650MCR
			210-PP-003	BOMBA HORIZONTAL 650MCR
			210-PP-004	BOMBA HORIZONTAL 650MCR
		210PP MILL LUBRIC.		
			210-PP-020	BOMBA DE LUBRICACIÓN LO PP-020
			210-PP-021	BOMBA DE LUBRICACIÓN LO PP-021
			210-PP-023	BOMBA DE LUBRICACIÓN HIGH PP-023
			210-PP-024	BOMBA DE LUBRICACIÓN HIGH PP-024
			210-PP-025	BOMBA DE LUBRICACIÓN HIGH PP-025
			210-PP-046	BOMBA DE BAJA PRESION PP-046
			210-PP-047	BOMBA DE BAJA PRESION PP-047
			210-PP-049	BOMBA DE ALTA PRESION PP-049
			210-PP-050	BOMBA DE ALTA PRESION PP-050
			210-PP-051	BOMBA DE ALTA PRESION PP-051
			210-PP-052	BOMBA DE BAJA PRESION PP-052
			210-PP-053	BOMBA DE BAJA PRESION PP-053
			210-PP-055	BOMBA DE ALTA PRESION PP-055
			210-PP-056	BOMBA DE ALTA PRESION PP-056
			210-PP-057	BOMBA DE ALTA PRESION PP-057
		210PP MILL CYCLO		
			210-PP-070	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-070
			210-PP-071	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-071
			210-PP-072	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-072
			210-PP-073	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-073
			210-PP-074	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-074
			210-PP-075	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-075
		210PP COOLING TOWER		
			210-PP-095	BOMBA DE RECIRCULACIÓN PP-095
			210-PP-096	BOMBA DE RECIRCULACIÓN PP-096
			210-PP-097	BOMBA DE RECIRCULACIÓN PP-097
			210-PP-099	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-099
			210-PP-100	BOMBA DE ENFRIAMIENTO PP-100
			210-PP-101	BOMBA HIDROCICLONES SPARE
			210-PP-102	BOMBA HIDROCICLONES SPARE
		210PP PEBBLE CRUSHE		
			210-PP-040	BOMBA DE LUBRICACION PP-040

Área	Tipo Equipo	Equipo	Componente	
			210-PP-041	BOMBA DE LUBRICACION PP-041
			210-PP-042	BOMBA DE LUBRICACION PP-042
			210-PP-043	BOMBA DE LUBRICACION PP-043
			210-PP-079	BOMBA HIDRAULICA PP-079
			210-PP-080	BOMBA HIDRAULICA PP-080
	210-CT			
		210CT		
			210-CT-002-M1	TORRE DE ENFRIAMIENTO
			210-CT-002-M2	TORRE DE ENFRIAMIENTO
	210-FA			
			210-FA-002	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO FA-002
			210-FA-003	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO FA-003
			210-FA-004	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO FA-004
			210-FA-005	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO FA-005
			210-FA-026	VENTILADOR SIST. ENFRIAMIENTO FA-026
			210-FA-027	VENTILADOR SIST. ENFRIAMIENTO FA-027
			210-FA-028	VENTILADOR SIST. ENFRIAMIENTO FA-028
			210-FA-029	VENTILADOR SIST. ENFRIAMIENTO FA-029
			210-FA-030	VENTILADOR SIST. ENFRIAMIENTO FA-030
			210-FA-058	VENTILADOR DE SOBREPRESIÓN
			210-FA-059	VENTILADOR DE SOBREPRESIÓN
			210-FA-060	VENTILADOR DE SOBREPRESIÓN
			210-FA-061	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-061
			210-FA-062	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-062
			210-FA-063	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-063
			210-FA-064	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-064
			210-FA-065	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-065
			210-FA-066	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-066
			210-FA-067	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-067
			210-FA-068	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-068
			210-FA-069	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-069
			210-FA-070	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-070
			210-FA-071	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-071
			210-FA-072	VENTILADOR ANILLO MOTOR FA-072
AREA 255				
	255-PP			
		GEHO LINE "1		
			255-PP-048	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-048
			255-PP-049	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-049
			255-PP-050	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-050
			255-PP-051	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-051

Área	Tipo Equipo	Equipo	Componente	
			255-PP-052	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-052
		GEHO LINE #2		
			255-PP-054	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-054
			255-PP-055	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-055
			255-PP-056	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-056
			255-PP-057	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-057
			255-PP-058	BOMBA DE PISTONES GEHO PP-058
		ESPESADOR 1		
			255-PP-101	BOMBA HORIZONTAL PP-101
			255-PP-102	BOMBA HORIZONTAL PP-102
			255-PP-103	BOMBA HORIZONTAL PP-103
		ESPESADOR 2		
			255-PP-201	BOMBA HORIZONTAL PP-201
			255-PP-202	BOMBA HORIZONTAL PP-202
			255-PP-203	BOMBA HORIZONTAL PP-203
		ESPESADOR 3		
			255-PP-301	BOMBA HORIZONTAL PP-301
			255-PP-302	BOMBA HORIZONTAL PP-302
			255-PP-303	BOMBA HORIZONTAL PP-303
		ESPESADOR 4		
			255-PP-401	BOMBA HORIZONTAL PP-401
			255-PP-402	BOMBA HORIZONTAL PP-402
			255-PP-403	BOMBA HORIZONTAL PP-403
		255PP VERTICALES		
			255-PP-105	BOMBA VERTICAL PP-105
			255-PP-205	BOMBA VERTICAL PP-205
			255-PP-305	BOMBA VERTICAL PP-305
			255-PP-405	BOMBA VERTICAL PP-405

ANEXO 16: FORMATO DE REPORTE DE KPIS PARA VICE-PRESIDENCIA Y JEFATURA DE OPERACIONES (ÁREA 210)

REPORTE KPis Operacionales Primarios Diario Área: 210 - Molienda			
---	--	--	--

	KPis	RANGO	CUMPLIMIENTO		HORAS DE OPERACIÓN					
			TURNO DÍA	TURNO NOCHE	TURNO DÍA			TURNO DÍA		
					Horas Operativas	Horas Inoperativas	Horas en ByPass	Horas Operativas	Horas Inoperativas	Horas en ByPass
1	% Cumplimiento Tonelaje CH Primario	5000-8000 t/h								
2	% Cumplimiento Tonelaje SAG	4000-9000 t/h								
3	% Cumplimiento Velocidad en RPMs M. SAG	8-9 rpm								
4	% Cumplimiento Sólidos M. SAG	74-76 %								
5	% Cumplimiento pH Rougher L1	9-10 pH								
6	% Cumplimiento pH Rougher L2	9-10 pH								
7	% Cumplimiento pH Rougher L3	9-10 pH								
8	% Cumplimiento pH Rougher L4	9-10 pH								
9	% Cumplimiento Presión Ciclonas L1	70-100 kPa								
10	% Cumplimiento Presión Ciclonas L2	70-100 kPa								
11	% Cumplimiento Presión Ciclonas L3	70-100 kPa								
12	% Cumplimiento Presión Ciclonas L4	70-100 kPa								
13	% Cumplimiento Corriente Pebbles 1	90-108 Amp								
14	% Cumplimiento Corriente Pebbles 2	90-108 Amp								

Comentarios:

ANEXO 17: FORMATO DE REPORTE DE OPERACIONES PLANTA - MOLIENDA

PLANTA CONCENTRADORA				
REPORTE DIARIO DE OPERACIONES				
CIRCUITO DE MOLIENDA				
STOCK PILE				
		TURNO A	TURNO B	Total
NIVEL INICIAL STOCK PILE	%			
NIVEL FINAL STOCK PILE	%			
HORAS OPERACIÓN PAJA 3	h			
HORAS OPERACIÓN PAJA 4	h			
HORAS OPERACIÓN APRON FEEDER 1	h			
HORAS OPERACIÓN APRON FEEDER 2	h			
HORAS OPERACIÓN APRON FEEDER 3	h			
HORAS OPERACIÓN APRON FEEDER 4	h			
OPERACIÓN MOLINO SAG				
		TURNO A	TURNO B	Total
HORAS DE OPERACIÓN	h			
HUMEDAD DE MINERAL	%			
TONELADAS HÚMEDAS PROCESADAS	TMH			
TONELADAS SECAS PROCESADAS	TMS			
TONELADAS SECAS POR HORA	TMS/h			
ÍNDICE DE TRABAJO INDUSTRIAL	KW h/TMS			
POTENCIA CONSUMIDA DEL MOLINO	KW			
PRESIÓN DE DESCANSO EN DESCARGA	kPa			
PRESIÓN DE DESCANSO EN ALIMENTACIÓN	kPa			
VELOCIDAD PROMEDIO DEL MOLINO	rpm			
% DE SÓLIDOS EN EL ALIMENTO	%			
FLUJO DE AGUA ALCUTE DE INGRESO	m ³ /h			
ADICIÓN DE BOLAS DE ACERO 3"	t			
FLUJO DE ADICIÓN DE PETRÓLEO	g/t			
HORAS DE OPERACIÓN ZARANDA 1	h			
HORAS DE OPERACIÓN ZARANDA 2	h			
POTENCIA CONSUMIDA DE LA ZARANDA 1	KW			
POTENCIA CONSUMIDA DE LA ZARANDA 2	KW			
FLUJO DE AGUA A LA ZARANDA	m ³ /h			
FLUJO DE AGUA AL TROMMEL	m ³ /h			
TONELADAS HÚMEDAS ENVIADAS A PEBBLES	TMH			
NIVEL STOCK PILE DE PEBBLES	%			
OPERACIÓN CHANCADORA No. 1 DE PEBB				
		Turno A	Turno B	Total
HORAS DE OPERACIÓN	h			
TONELADAS HÚMEDAS PROCESADAS	TMH			
TONELADAS HÚMEDAS POR HORA	TMH/h			
SET (CSS-CSS)	mm			
CONSUMO DE ENERGÍA	KW			
OPERACIÓN CHANCADORA No. 2 PEBBLES				
		Turno A	Turno B	Total
HORAS DE OPERACIÓN	h			
TONELADAS HÚMEDAS PROCESADAS	TMH			
TONELADAS HÚMEDAS POR HORA	TMH/h			
SET (CSS-CSS)	mm			
CONSUMO DE ENERGÍA	KW			
OPERACIÓN MOLINO DE BOLAS No. 1				
		Turno A	Turno B	Total
HORAS DE OPERACIÓN	h			
POTENCIA CONSUMIDA	KW			
VELOCIDAD PROMEDIO MOLINO	rpm			
PRESIÓN DE DESCANSO EN DESCARGA	kPa			
PRESIÓN DE DESCANSO EN ALIMENTACIÓN	kPa			
ADICIÓN DE BOLAS DE ACERO 3"	t			
ADICIÓN DE PETRÓLEO	g/t			
ADICIÓN DE A-F238	g/t			
ADICIÓN DE PAX	g/t			
OPERACIÓN DE NIDO DE HIDROCICLONES				
		Turno A	Turno B	Total
SÓLIDOS PROMEDIO OVER FLOW	%			
SÓLIDOS PROMEDIO UNDER FLOW	%			
CICLONES EN STAND BY	*			
No. DE CICLONES OPERANDO	*			
PRESIÓN PROMEDIO EN HIDROCICLONES	kPa			
MALLA DE CONTROL (PSI)	p80			
MALLA DE CONTROL (MANUAL)	MALLA 100			
PH PROMEDIO OVER FLOW	pH			
OPERACIÓN DE NIDO DE HIDROCICLONES No. 2				
		Turno A	Turno B	Total
SÓLIDOS PROMEDIO OVER FLOW	%			
SÓLIDOS PROMEDIO UNDER FLOW	%			
CICLONES EN STAND BY	*			
No. DE CICLONES OPERANDO	*			
PRESIÓN PROMEDIO EN HIDROCICLONES	kPa			
MALLA DE CONTROL (PSI)	p80			
MALLA DE CONTROL (MANUAL)	MALLA 100			
PH PROMEDIO OVER FLOW	pH			

OPERACIÓN DE NIDO DE HIDROCICLONES					OPERACIÓN DE NIDO DE HIDROCICLONES No. 4				
		Turno A	Turno B	Total			Turno A	Turno B	Total
SOLIDOS PROMEDIO OVER FLOW	%				SOLIDOS PROMEDIO OVER FLOW	%			
SOLIDOS PROMEDIO UNDER FLOW	%				SOLIDOS PROMEDIO UNDER FLOW	%			
CICLONES EN STAND BY	*				CICLONES EN STAND BY	*			
No. DE CICLONES OPERANDO	*				No. DE CICLONES OPERANDO	*			
PRESIÓN PROMEDIO EN HIDROCICLONES	kPa				PRESIÓN PROMEDIO EN HIDROCICLONES	kPa			
MAJLA DE CONTROL (PSI)	psd				MAJLA DE CONTROL (PSI)	psd			
MAJLA DE CONTROL (MANUAL)	MAJLA 100				MAJLA DE CONTROL (MANUAL)	MAJLA 100			
PH PROMEDIO OVER FLOW	pH				PH PROMEDIO OVER FLOW	pH			
COMENTARIOS Y TRABAJOS REALIZADOS EN OPERACIONES TURNO A:									

ANEXO 18: LISTADO DE ALERTAS / NOTIFICACIONES DE SEÑALES CRÍTICAS

Anexo 18.1: Listado de Alertas / Notificaciones de Señales Críticas - Planta

TIPO	Target	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
INFORMATIVO	ALERTAS					Informe consolidado 2 veces al día Día: 13:00 y 18:00 Noche: 1:00 y 6:00	ALERTAS
	Contador de Alertas Activas Turno A				Acumula en el turno de 7 am / 7pm		Contador de Alertas Activas Turno A, Numero de Activaciones
	Contador de Alertas Activas Turno B				Acumula en el turno de 7 pm / 7am		Contador de Alertas Activas Turno B, Numero de Activaciones
INFORMATIVO	CHANCADO						CHANCADO
	Chancado Primario - Posición del Poste		7mm		Fuera de rango, Cuando es mayor		Ch-Primaria - Pos. Poste >7mm, Numero de Activaciones, Valor Actual
	Chancadora Pebbles 1 -Setting		13.5mm		Fuera de rango, Cuando es mayor		Ch Pebbles 1 -Setting > 13.5mm, Numero de Activaciones, Valor Actual
	Chancadora Pebbles 2 -Setting		13.5mm		Fuera de rango, Cuando es mayor		Ch Pebbles 2 -Setting > 13.5mm, Numero de Activaciones, Valor Actual
	Chancadora Pebbles 1 - Corriente	80 Amp			Fuera de rango, Cuando es menor		Ch Pebbles 1 - Corriente < 80 Amp, Numero de Activaciones, Valor Actual
	Chancadora Pebbles 2 - Corriente	80 Amp			Fuera de rango, Cuando es menor		Ch Pebbles 2 - Corriente < 80 Amp, Numero de Activaciones, Valor Actual
INFORMATIVO	REMOLIENDA						REMOLIENDA
	VTM1 - corriente	170 Amp			Fuera de rango, Cuando es menor		Vertimill 1 - corriente < 170Amp, Numero de Activaciones, Valor Actual

TIPO	Target	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
	VTM2 - corriente	170 Amp			Fuera de rango, Cuando es menor		Vertimill 2 - corriente < 170Amp, Numero de Activaciones, Valor Actual
INFORMATIVO	RELAVES						RELAVES
	Presión Succión Bombas Geho (min)	400 kPa			Fuera de rango, Cuando es menor		Presión Succión Bombas Geho < 400kPa, Numero de Activaciones, Valor Actual
	Presión Succión Bombas Geho (Max)		500 kPa		Fuera de rango, Cuando es mayor		Presión Succión Bombas Geho > 500kPa, Numero de Activaciones, Valor Actual
ALERTA	CHANCADO						CHANCADO
	Chancadora Primaria			Shutdown	Cuando se dé el evento		Shutdown Chancadora Primaria
	Chancadora Primaria - Corriente		120 Amp		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Ch Pebbles 1 - Corriente > 120 Amp
	Ton Pebbles		900 Ton/Hr		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Tonelaje Pebbles > 900 Ton/hr
ALERTA	MOLIENDA						MOLIENDA
	SAG	19MW			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa SAG > 22MW
	SAG		22MW		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa SAG > 22MW
	Presión PADs Promedio SAG		7800 Kpa		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión PADs Promedio SAG > 7800kPa
	SAG			Shutdown	Cuando se dé el evento		Shutdown Molino SAG

TIPO	Target	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
	MB1	18MW			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa MB1 > 20MW
	MB1		20MW		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa MB1 > 20MW
	MB1			Shutdown	Cuando se dé el evento		Shutdown Molino Bolas 1
	MB2	18MW			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa MB2 > 20MW
	MB2		20MW		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Potencia Activa MB2 > 20MW
	MB2			Shutdown	Cuando se dé el evento		Shutdown Molino Bolas 2
	Ton/Hr	4000 Ton/Hr			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Tonelaje SAG < 4000 Ton/hr
	Presión Ciclones 1	70kPa			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 1 < 70kPa
	Presión Ciclones 1		120kPa		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 1 > 120kPa
	Presión Ciclones 2	70kPa			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 2 < 70kPa
	Presión Ciclones 2		120kPa		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 2 > 120kPa

TIPO	Target	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
	Presión Ciclones 3	70kPa			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 3 < 70kPa
	Presión Ciclones 3		120kPa		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 3 > 120kPa
	Presión Ciclones 4	70kPa			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 4 < 70kPa
	Presión Ciclones 4		120kPa		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	Presión Ciclones 4 > 120kPa
	P80 (Líneas 1, 2, 3 y 4)	100um			Fuera de rango, Cuando es menor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	P80 Molienda Línea 4 > 180um
	P80 (Líneas 1, 2, 3 y 4)		180um		Fuera de rango, Cuando es mayor	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	P80 Molienda Línea 4 > 180um

Anexo 18.2: Listado de Alertas / Notificaciones de Señales Críticas - Mantenimiento

TIPO	Target 1	Target 2	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
ALERTA	BOMBAS LUBRICACION							
	MOLINO SAG							
	Estado Motor	Estado de Bomba						
	AND				TRUE	Cuando la condición final sea TRUE	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	ML001: El sistema de lubricación presenta problemas, bajo el siguiente detalle: [Listado de todos los estado de equipos]
	OR [Cualquiera en Estado RUN]	OR [Cualquiera en Estado FALSE]						
	PP023	PDSH1814						
	PP024	PDSH1819						
	PP025	PDSH1824						
		PDSH1829						
		PDSH1834						
		PDSH1839						
		PDSH1844						
		PDSH1849						
		PDSH1869						
		PDSH1874						
		PDSH1879						
		PDSH1884						
		PDSH1906						
		PDSH1918						
		PDSH1920						
		PDSH1931						
ALERTA	MOLINO BOLAS 1							

TIPO	Target 1	Target 2	TARGET MIN	TARGET MAX	EVENTO	ACTIVA ALERTA	FRECUENCIA NOTIFICACIÓN o INFORMACIÓN	MENSAJE
	Estado Motor	Estado de Bomba						
	AND				TRUE	Cuando la condición final sea TRUE	Cada 0.5 hora mientras este fuera de rango	ML002: El sistema de lubricación presenta problemas, bajo el siguiente detalle: [Listado de todos los estado de equipos]
	OR [Cualquiera en Estado RUN]	OR [Cualquiera en Estado FALSE]						
	PP049	PDSH2814						
	PP050	PDSH2819						
	PP051	PDSH2824						
		PDSH2829						
		PDSH2834						
		PDSH2839						
		PDSH2844						
		PDSH2849						
		PDSH2869						
		PDSH2874						
		PDSH2879						
		PDSH2884						
		PDSH2906						
		PDSH2918						
		PDSH2920						
		PDSH2931						
		PDSH3931						

ANEXO 19: LISTADO DE DATOS DE PLANTA PARA EL DASHBOARD DE MINA

Dashboard	Área	Dato	Descripción de Cálculo	Recurrencia de Refresco de Datos	Tiempo Atrás en Consulta de Datos Históricos
[1] Mine to Mill	Chancado	Tonnes (Tonelaje Acumulado Hora Chancado)	Debe mostrar el último dato acumulado en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		KWH (Potencia)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		Amp (Corriente)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		% Stockpile (Nivel StockPile)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
	SAG	Tonnes (Alimentación Molino SAG)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		PADS (Presión Descanso SAG)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		WI (Work Index SAG)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		RPM (Velocidad SAG)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		MPW (Potencia SAG)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
	Pebbles	Ton/hr (Alimentación Pebbles)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
	Courier	Cab %Cu (Alim Rougher Cu Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h

Dashboard	Área	Dato	Descripción de Cálculo	Recurrencia de Refresco de Datos	Tiempo Atrás en Consulta de Datos Históricos
		Cab %As (Alim Rougher As Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		Conc %Cu (Concentrado Bulk Cu Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		Conc %As (Concentrado Bulk As Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		Colas %Cu (Cola Rougher Cu Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
		Colas %As (Cola Rougher As Promedio)	Debe mostrar el promedio de los datos en intervalos de 1 hora	10m	-24h
[2] Production Summary	Chancado	Ore to Crusher. Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d
	Courier	Cu (%). Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d
		As (%). Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d
		Ag (g/ton). Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d

Dashboard	Área	Dato	Descripción de Cálculo	Recurrencia de Refresco de Datos	Tiempo Atrás en Consulta de Datos Históricos
	Chancado	Miled Tonnes. Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d
	Filtros	Copper Content (tons). Real y Forecast.	Debe mostrar el ultimo valor reportado por planta al cierre de un día de producción	3h	-7d

ANEXO 20: FORMATO DE REPORTE DE SPLIT ONLINE DE PALAS [1, 2]

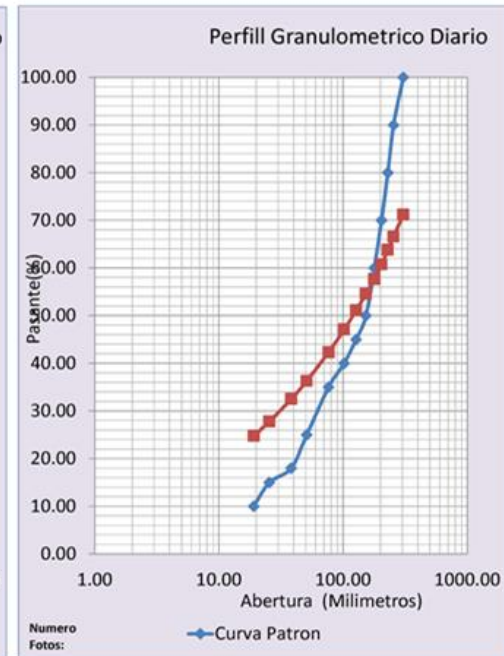
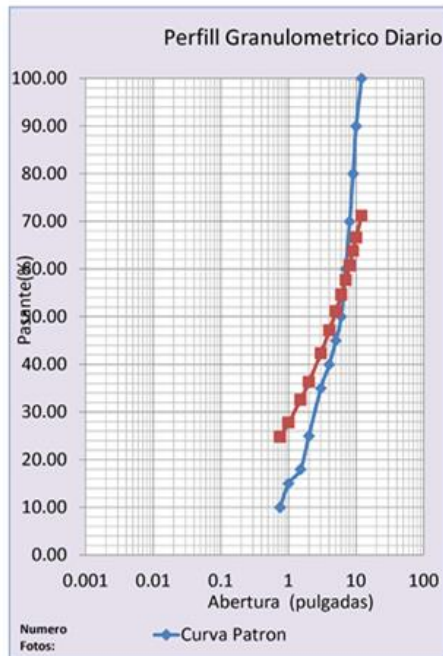
Anexo 20.1: Formato de Reporte Diario de SPLIT ONLINE Palas 1 - 2

Perfil Granulometrico Pala 01

Hora Inicial 03/05/2016 08:00 Hora Final 04/05/2016 08:00

Tamaño (pulg)	Tamaño (mm)	Tamaño (micras)	Curva Patron	Split-Online
12	304.80	304800	100.00	71.19
10	254.00	254000	90.00	66.59
9	228.60	228600	80.00	63.82
8	203.20	203200	70.00	60.74
7	177.80	177800	60.00	57.68
6	152.40	152400	50.00	54.60
5	127.00	127000	45.00	51.12
4	101.60	101600	40.00	47.10
3	76.20	76200	35.00	42.33
2	50.80	50800	25.00	36.31
1.5	38.10	38100	18.00	32.51
1	25.40	25400	15.00	27.78
0.75	19.05	19050	10.00	24.81

Promedios		Valor Actual	Promedio Ultima Hora
F 80 Pulgadas	15.43	15.43	15.43
F 80 Milímetros	391.93	391.93	391.93
Fino	27.69	27.69	27.69
Intermedio	10.56	10.56	10.56
Grueso	49.03	49.03	49.03
TopSize	28.06	28.06	28.06



Anexo 20.2: Formato de Reporte Turno A / B de SPLIT ONLINE Palas 1 - 2

Perfil Granulometrico Pala 01

03/05/2016

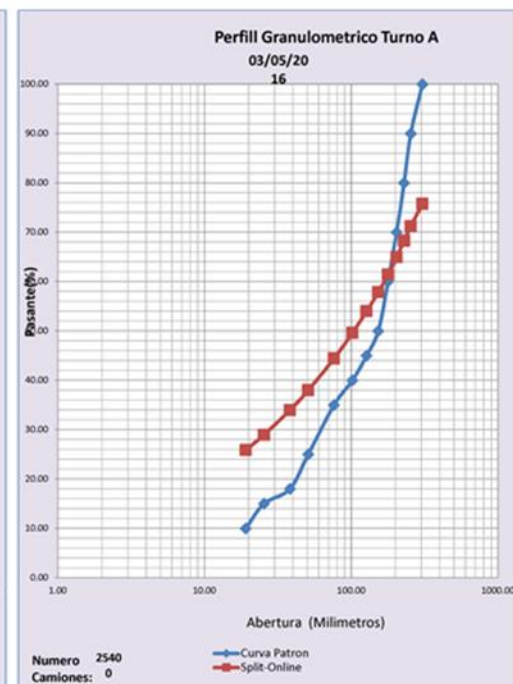
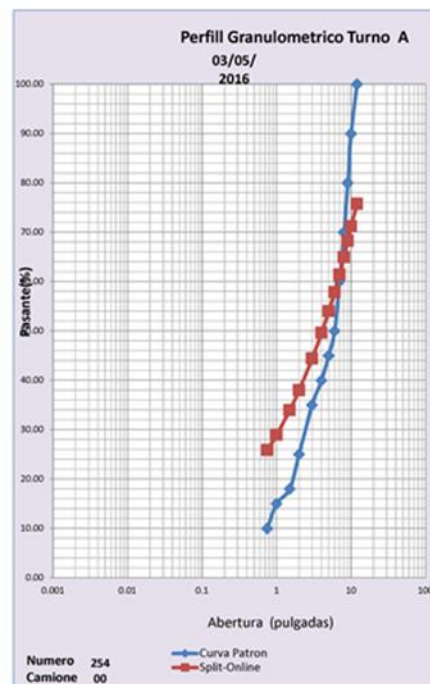
Turno A

Hora Inicial 03/05/2016 08:00

Hora Final 03/05/2016 20:00

Tamaño (oulet)	Tamaño (mm)	Tamaño (micras)	Curva Patron	Split-Online
12	304.80	304800	100.00	75.77
10	254.00	254000	90.00	71.21
9	228.60	228600	80.00	68.28
8	203.20	203200	70.00	64.95
7	177.80	177800	60.00	61.43
6	152.40	152400	50.00	57.85
5	127.00	127000	45.00	54.01
4	101.60	101600	40.00	49.62
3	76.20	76200	35.00	44.44
2	50.80	50800	25.00	37.99
1.5	38.10	38100	18.00	33.96
1	25.40	25400	15.00	28.97
0.75	19.05	19050	10.00	25.87

Promedios	
Numero Camiones	0
F 80 Pulgadas	6.03
P80 Milímetros	153.10
Fino	28.79
Intermedio	11.16
Grueso	42.47
TopSize	15.12



Perfil Granulometrico Pala 01

03/05/2016

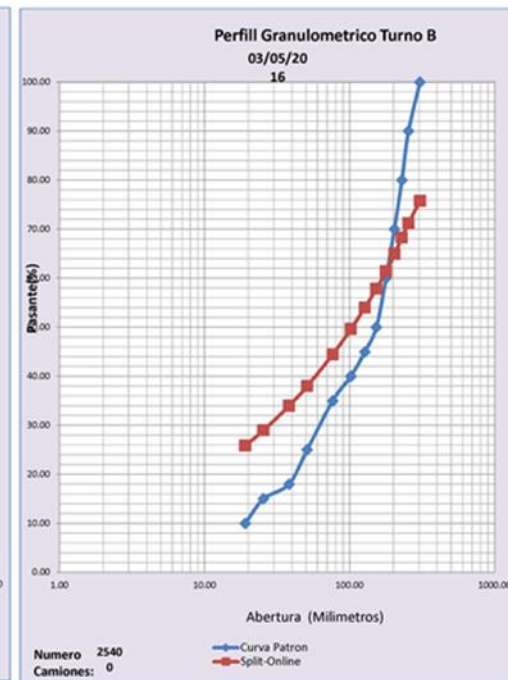
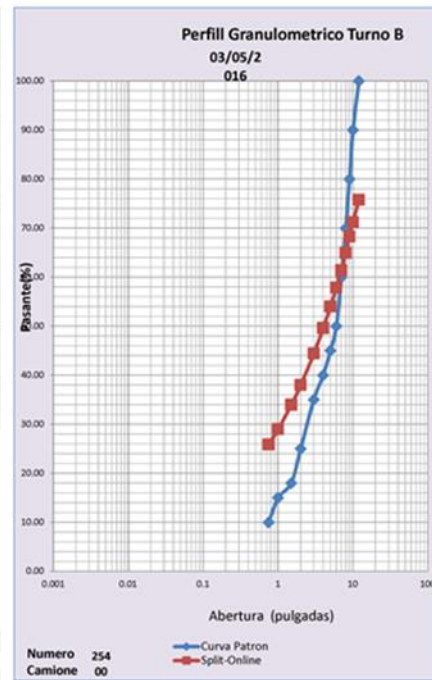
Turno B

Hora Inicial 03/05/2016 20:00

Hora Final 04/05/2016 08:00

Tamaño (pule)	Tamaño (mm)	Tamaño (micras)	Curva Patron	Split-Online
12	304.80	304800	100.00	66.79
10	254.00	254000	90.00	62.15
9	228.60	228600	80.00	59.53
8	203.20	203200	70.00	56.70
7	177.80	177800	60.00	54.09
6	152.40	152400	50.00	51.48
5	127.00	127000	45.00	48.33
4	101.60	101600	40.00	44.68
3	76.20	76200	35.00	40.29
2	50.80	50800	25.00	34.70
1.5	38.10	38100	18.00	31.13
1	25.40	25400	15.00	26.63
0.75	19.05	19050	10.00	23.80

Promedios	
Numero Camiones	0
F 80 Pulgadas	18.65
P80 Milímetros	473.73
Fino	26.63
Intermedio	9.98
Grueso	55.32
TopSize	40.55



Anexo 20.3: Formato de Reporte Mensual de SPLIT ONLINE Palas 1 – 2

Perfil Granulometrico Pala 01

mayo

03/05/2016 00:00

Primer DIA

01/05/2016 08:00

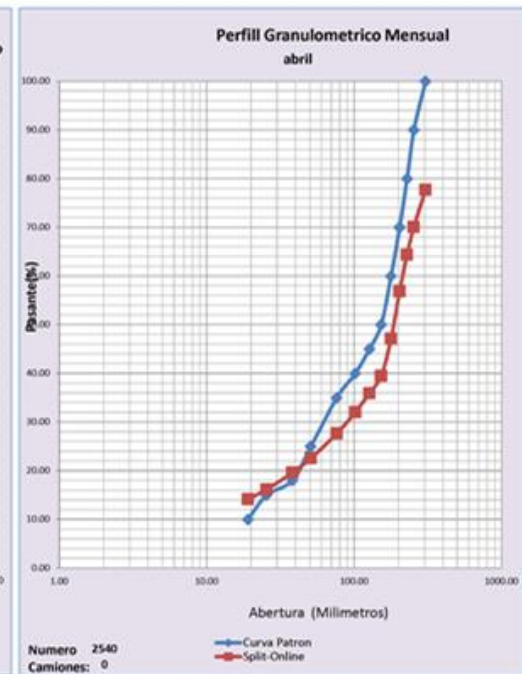
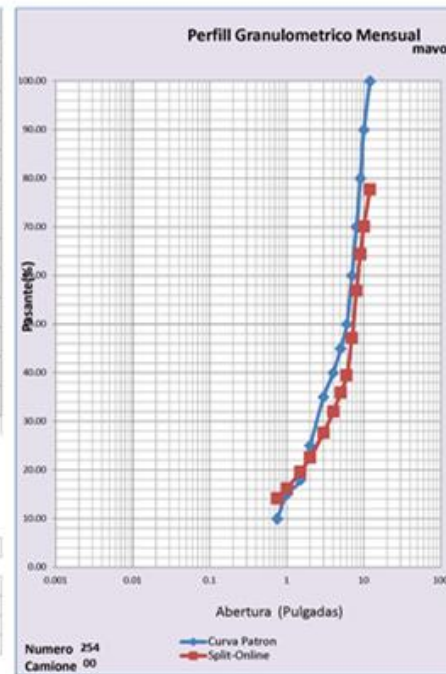
Ultimo DIA

01/06/2017 08:00

Tamaño (pulg)	Tamaño (mm)	Tamaño (micras)	Curva Patron	Split-Online
12	304.80	304800	100.00	77.69
10	254.00	254000	90.00	70.09
9	228.60	228600	80.00	64.41
8	203.20	203200	70.00	56.92
7	177.80	177800	60.00	47.14
6	152.40	152400	50.00	39.50
5	127.00	127000	45.00	35.94
4	101.60	101600	40.00	32.04
3	76.20	76200	35.00	27.66
2	50.80	50800	25.00	22.58
1.5	38.10	38100	18.00	19.62
1	25.40	25400	15.00	16.18
0.75	19.05	19050	10.00	14.16

Promedios

Numero Camiones	0
F 80 Pulgadas	13.91
P80 Milímetros	353.32



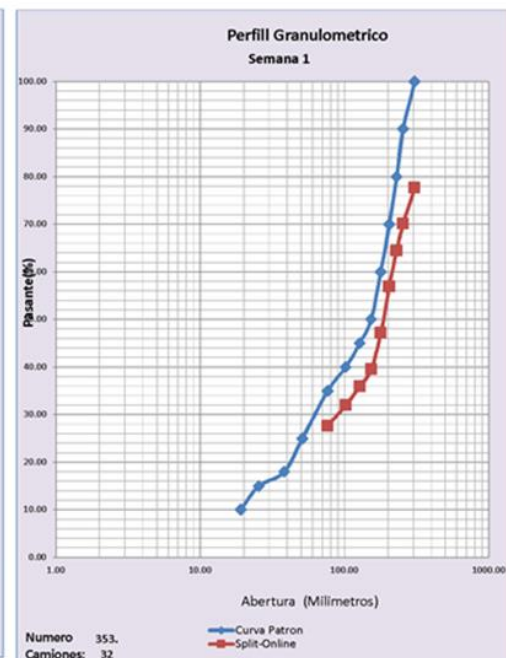
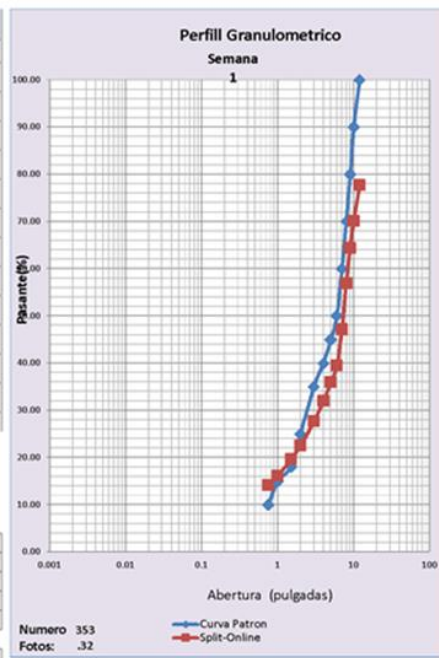
Anexo 20.4: Formato de Reporte Semanal de SPLIT ONLINE Palas 1 – 2

Perfil Granulometrico Pala 01

Semana 1
De : 01/05/2016 08:00 Hasta: 08/05/2016 08:00

Tamaño (pulg)	Tamaño (mm)	Tamaño (micras)	Curva Patron	Split-Online
12	304.80	304800	100.00	77.69
10	254.00	254000	90.00	70.09
9	228.60	228600	80.00	64.41
8	203.20	203200	70.00	56.92
7	177.80	177800	60.00	47.14
6	152.40	152400	50.00	39.50
5	127.00	127000	45.00	35.94
4	101.60	101600	40.00	32.04
3	76.20	76200	35.00	27.66
2	50.80	50800	25.00	22.58
1.5	38.10	38100	18.00	19.62
1	25.40	25400	15.00	16.18
0.75	19.05	19050	10.00	14.16

Promedios	
Numero Camiones	0
F 80 Pulgadas	13.91
P80 Milimetros	353.32



ANEXO 21: FORMATO DE REPORTE DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DIARIA

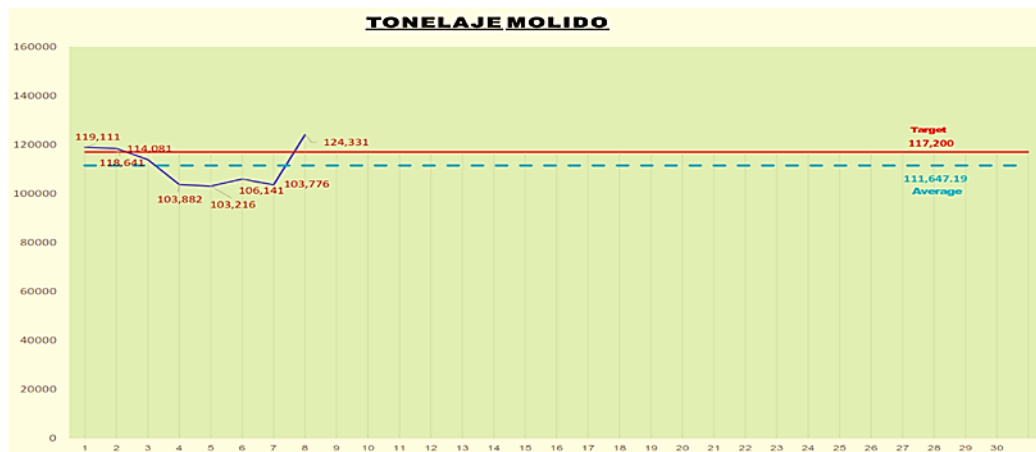
Al día : 08/02/2016									
	DIA Actual	DIA Plan	DIF.	MES Actual	MES Plan	DIF.	AÑO Actual	AÑO Plan	DIF.
MOLINO SAG									
MS molidas	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Horas de operación (Planta)	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
MS por hora	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
CONCENTRADO PRODUCIDO									
MS de Concentrado Cu	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
g Cu en Concentrado	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
MS Cobre Fino	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
CONSUMOS / Ratios									
Cal tons	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Cal Ratio Kgs/ton	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 5" tons	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 5" Ratio Kgs/ton	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 2.5" tons	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 2.5" Ratio Kgs/ton	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 1.5" tons	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Bolas 1.5" Ratio Kgs/ton	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Power Kw	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Power Ratio Kw/ton	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Colector, P A X tons	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Ratio PAX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Floculante A100 Concentrate	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Ratio Flocul. Concentrate A100	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Floculante Relaves A100	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Ratio Floculante Relaves A100	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
COSTOS									
Costos de cal \$	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Costos de bolas 5" \$	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Costos de bolas 2.5" \$	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX

Comentarios

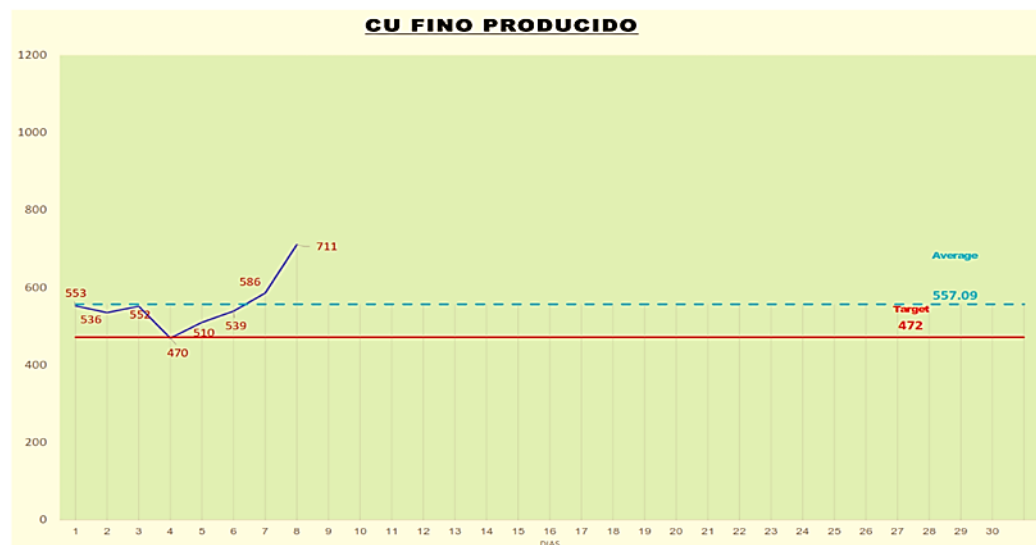
El plan anual de producción, costos y consumos se dispone en un excel así que solo se tendría que tomar estos datos para ser referenciados en todos los campos.

Códigos de Partidas SAP

61312101 Cal Consumo
 61322330 Bolas de 5"
 61322327 Bolas de 2.5"
 61322325 Bolas de 1.5
 61312106 Colector PAX
 90022299 Floculante Magnafloc 10 (Cu y Bulk relaves)



Estas tendencias son extraídas del Tonelaje Molido y Concentrado
Producido durante el periodo del día solicitado.



ANEXO 22: PROTOCOLO DE PRUEBAS PI HA / FAILOVER

N°	PI DA Primario	PI DA Secundario	OPCSG Primario	OPCSG Secundario	Surrogate Server Primario	Surrogate Server Secundario	Resultado	Evidencia	Accion Esperada
1	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Sistema funciona adecuadamente	No errores	Ninguna
2	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	BAD	OPCSG Primario asume rol de Primary OPCSG Secundario asume rol de Backup_No_Datasource	DeviceStatus_1=0 DeviceStatus_2 no es 0.	OPCSG Secundario debe reconectar automáticamente con Surrogate Server Secundario al estar disponible.
3	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	BAD	GOOD	OPCSG Secundario asume rol de Primary OPCSG Primario asume rol de Backup_No_Datasource	DeviceStatus_2=0 DeviceStatus_1 no es 0.	OPCSG Primario debe reconectar automáticamente con Surrogate Server Primario al estar disponible.
4	GOOD	GOOD	BAD	BAD	No importa.	No importa.	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCS. Verificar estado de PI Buffer Subsystem desde PI Interface Configuration Utility - Tools - Buffering en equipos OPCS. En caso de encontrar problemas, contactar a OSIsoft Soporte Técnico con los detalles del mensaje mostrado.
5	GOOD	BAD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	PI DA Primario 100% disponible. OPCSG Primario y Secundario activan búfer para PI DA Secundario.	Error de red [-10722] desde interfaces hacia PI DA Secundario	Equipos OPCS deben reconectar automáticamente con PI DA Secundario al estar disponible.
6	GOOD	BAD	GOOD	BAD	GOOD	No importa.	OPCSG Primario asume rol de Primary, activa búfer para PI DA Secundario. OPCSG Secundario y PI DA Secundario no disponibles. PI DA Primario 100% disponible.	Error de red [-10722] desde OPCS Primario hacia PI DA Secundario DeviceStatus_1=0 Mensaje No backup interface available	Equipos OPCS deben reconectar automáticamente con PI DA Secundario al estar disponible. Verificar estado de PI Buffer Subsystem desde PI Interface Configuration Utility - Tools - Buffering en equipo OPCS Secundario. En caso de encontrar problemas, contactar a OSIsoft Soporte Técnico con los detalles del mensaje mostrado.
7	GOOD	BAD	GOOD	BAD	BAD	No importa.	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCS y Surrogate Servers.

N°	PI DA Primario	PI DA Secundario	OPCSG Primario	OPCSG Secundario	Surrogate Server Primario	Surrogate Server Secundario	Resultado	Evidencia	Accion Esperada
8	GOOD	BAD	BAD	GOOD	No importa.	GOOD	OPCSG Secundario asume rol de Primary, activa bufer para PI DA Secundario. OPCSG Primario y PI DA Secundario no disponibles. PI DA Primario 100% disponible.	Error de red [-10722] desde OPCSG Secundario hacia PI DA Secundario DeviceStatus_2=0 Mensaje No backup interface available	Equipos OPCSG deben reconectar automáticamente con PI DA Primario al estar disponible. Verificar estado de PI Buffer Subsystem desde PI Interface Configuration Utility - Tools - Buffering en equipo OPCSG Primario En caso de encontrar problemas, contactar a OSIsoft Soporte Técnico con los detalles.
9	GOOD	BAD	BAD	GOOD	No importa.	BAD	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCSG y Surrogate Servers. Equipos OPCSG deben reconectar automáticamente con PI DA Secundario al estar disponible.
10	BAD	GOOD	GOOD	BAD	GOOD	No importa.	OPCSG Primario asume rol de Primary, activa bufer para PI DA Primario. OPCSG Secundario y PI DA Primario no disponibles. PI DA Secundario 100% disponible.	Error de red [-10722] desde OPCSG Primario hacia PI DA Primario DeviceStatus_1=0 Mensaje No backup interface available	Verificar estado de PI Buffer Subsystem desde PI Interface Configuration Utility - Tools - Buffering en equipo OPCSG Secundario. En caso de encontrar problemas, contactar a OSIsoft Soporte Técnico con los detalles.
11	BAD	GOOD	GOOD	BAD	BAD	No importa.	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCSG y Surrogate Servers.
12	BAD	GOOD	BAD	GOOD	No importa.	GOOD	OPCSG Secundario asume rol de Primary, activa bufer para PI DA Primario. OPCSG Primario y PI DA Primario no disponibles. PI DA Secundario 100% disponible.	Error de red [-10722] desde OPCSG Secundario hacia PI DA Primario DeviceStatus_2=0 Mensaje No backup interface available	Equipos OPCSG deben reconectar automáticamente con PI DA Primario al estar disponible. Verificar estado de PI Buffer Subsystem desde PI Interface Configuration Utility - Tools - Buffering en equipo OPCSG Primario En caso de encontrar problemas, contactar a OSIsoft Soporte Técnico con los detalles.
13	BAD	GOOD	BAD	GOOD	No importa.	BAD	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCSG y Surrogate Servers.
14	BAD	BAD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	Equipos OPCSG Primario y Secundario activan bufer hacia PI DA Primario y Secundario	Contador Events in Buffer crece. Error de red [-10722] desde equipos OPCSG hacia equipos PI DA	Equipos OPCSG deben reconectar con equipos PI DA al estar disponibles.

N°	PI DA Primario	PI DA Secundario	OPCSG Primario	OPCSG Secundario	Surrogate Server Primario	Surrogate Server Secundario	Resultado	Evidencia	Accion Esperada
15	BAD	BAD	GOOD	BAD	GOOD	No importa.	OPCSG Primario asume rol de primary. OPCSG Primario activa bufer hacia equipos PI DA.	Contador Events in Buffer crece en OPCSG Primario. Error de red [-10722] desde OPCSG Primario hacia equipos PI DA Mensaje No backup interface available	Equipo OPCSG Primario debe reconecta automáticamente con equipos PI DA al estar disponibles. Verificar disponibilidad de equipos OPCSG Secundario y PI DA.
16	BAD	BAD	GOOD	BAD	BAD	No importa.	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos OPCSG y Surrogate Servers.
17	BAD	BAD	BAD	GOOD	No importa.	GOOD	OPCSG Secundario asume rol de primary. OPCSG Secundario activa bufer hacia equipos PI DA.	Contador Events in Buffer crece en OPCSG Secundario. Error de red [-10722] desde OPCSG Secundario hacia equipos PI DA Mensaje No backup interface available	Equipo OPCSG Secundario debe reconectar automáticamente con equipos PI DA al estar disponibles. Verificar disponibilidad de equipos OPCSG Primario y PI DA.
18	BAD	BAD	BAD	GOOD	No importa.	BAD	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos PI DA, OPCSG y Surrogate Servers.
19	BAD	BAD	BAD	BAD	No importa.	No importa.	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos PI DA, OPCSG y Surrogate Servers.
20	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	BAD	BAD	Sistema pierde datos.	Tags congelados.	Verificar disponibilidad de equipos Surrogate Server.

Estado	Estado del Servidor
BAD	Apagado, Sin Conexión
GOOD	Encendido, Con Conexión

ANEXO 23: CODIFICACIÓN DE ÁREAS DE PROCESOS

Código de Área	Área	Código de Área	Área
000	General	400	Internal Roads
100	Mine Area	400	Sewage Treatment
100	Mine Equipment	400	Surface Water management (Rain water)
110	Electrical Loop	400	Fire Protection System
120	Mine Preproduction Operative Cost	400	Reagents Storage
130	Mine General Administrative	400	Fuel Station
140	Truck Shop	400	Operation Camp
200	Process Plant	400	Security , Fence
200	Primary Crushing & Conveying	400	Communications System
205	Coarse Ore Storage and Reclaim	400	Rail Road Access
210	Grinding Circuit	700	Electrical Power Supply
220	Cooper Flotation	700	220 kV O.H. Power Lines
230	Moly Recovery and Concentrate Handling	700	220 kV Main Switchyard
240	Copper Concentrate Thickening	700	Main Switch room (23kV)
245	Filtering	700	23kV Distribution O.H. Lines – Tailings Paste
250	Tailings Thickening - Concentrator		Thickening, Tailings Booster Pump Station, Primary
251	Water Reclaim		Crushing, Overland Conveyor
252	Dams, Spillways, Tailings Basin	700	23kV Distribution O.H. Lines - Raw Water Pump
255	Tailings Paste Thickening & Paste Distr. Pipeline		Stations, Hydromet, Filter Plant, Warehouse,
260	Flotation Reagent		Unloading Facilities
262	Water Management	800	Water Supply & Storage
265	Compressed Air System	800	Vulcano Fresh Water Handling
280	Moly Process	800	Raw water Pipeline and Booster Stations
280	General Moly Hydromet Utilities	800	Raw water Storage Pond
281	Concentrate Storage	800	Mill Water Storage Pond
282	Pressure Oxidation	900	Construction

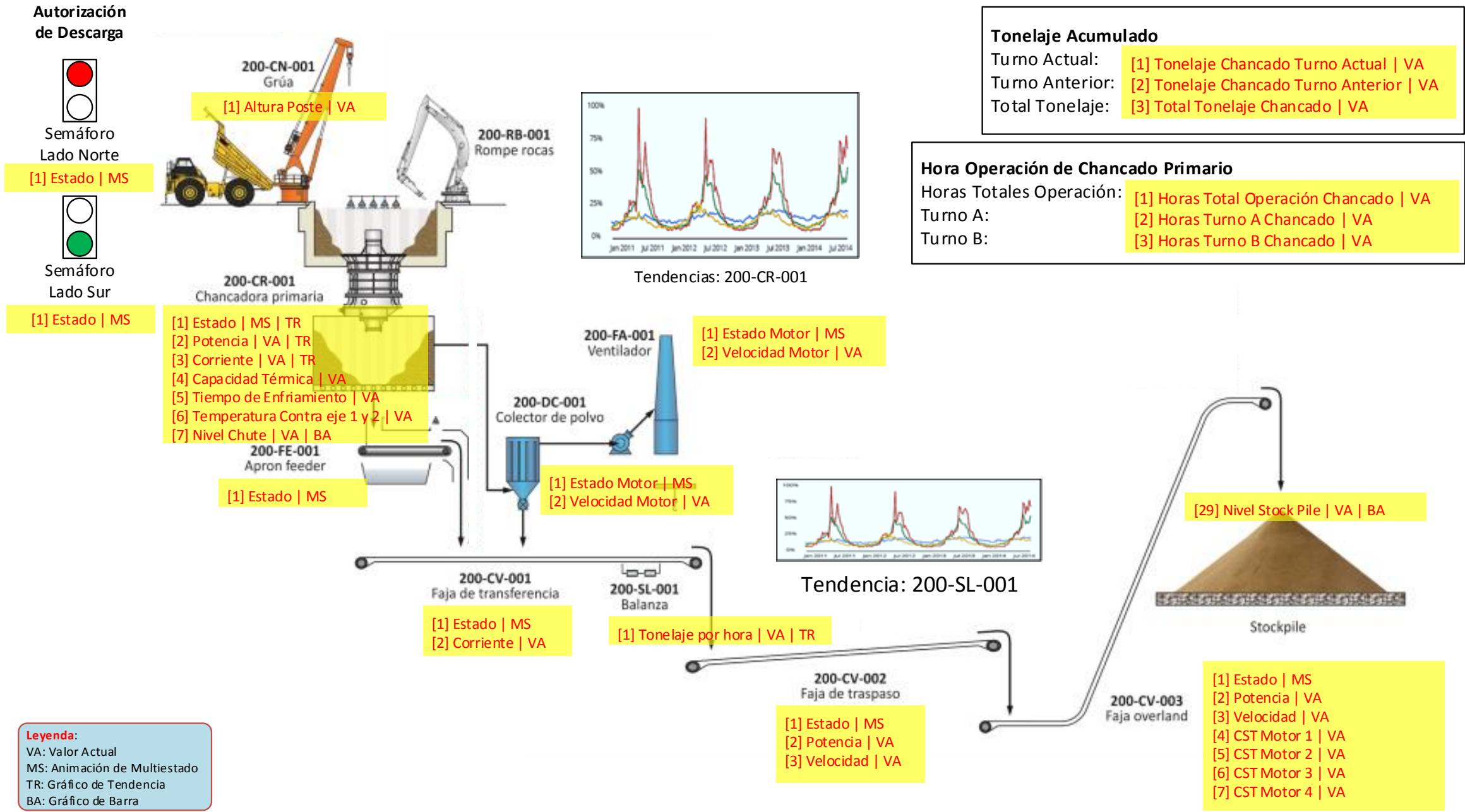
Código de Área	Área	Código de Área	Área
283	Slurry Cooling	910	Construction Camp
284	Alkaline Leach	910	Construction Power Supply & Distribution
285	Carbon Columns	910	Construction Roads
286	ADM Crystallization	910	Construction Water Supply
287	Calcination and Product Packaging	910	Construction Sewage Treatment
288	Ammonia Systems	910	Contractors Site and Lay Down Areas
289	Reagents	910	Construction Warehouse and Lay Down Yard
290	Oxygen Plant	910	Construction Office
400	Infrastructure	910	Temporary Fencing
400	Administration Building	910	Concrete Batch Plant and Aggregate
400	Maintenance Building and Warehouse	910	Construction Waste Storage Facilities (Const. & camp.)
400	Laboratory (Mine and Plant)	910	Temporary Fuel Station
400	Access Roads	910	Communications Syste

ANEXO 24: IDENTIFICACIÓN DE LETRAS SEGÚN ANSI/ISA-5.1-2009

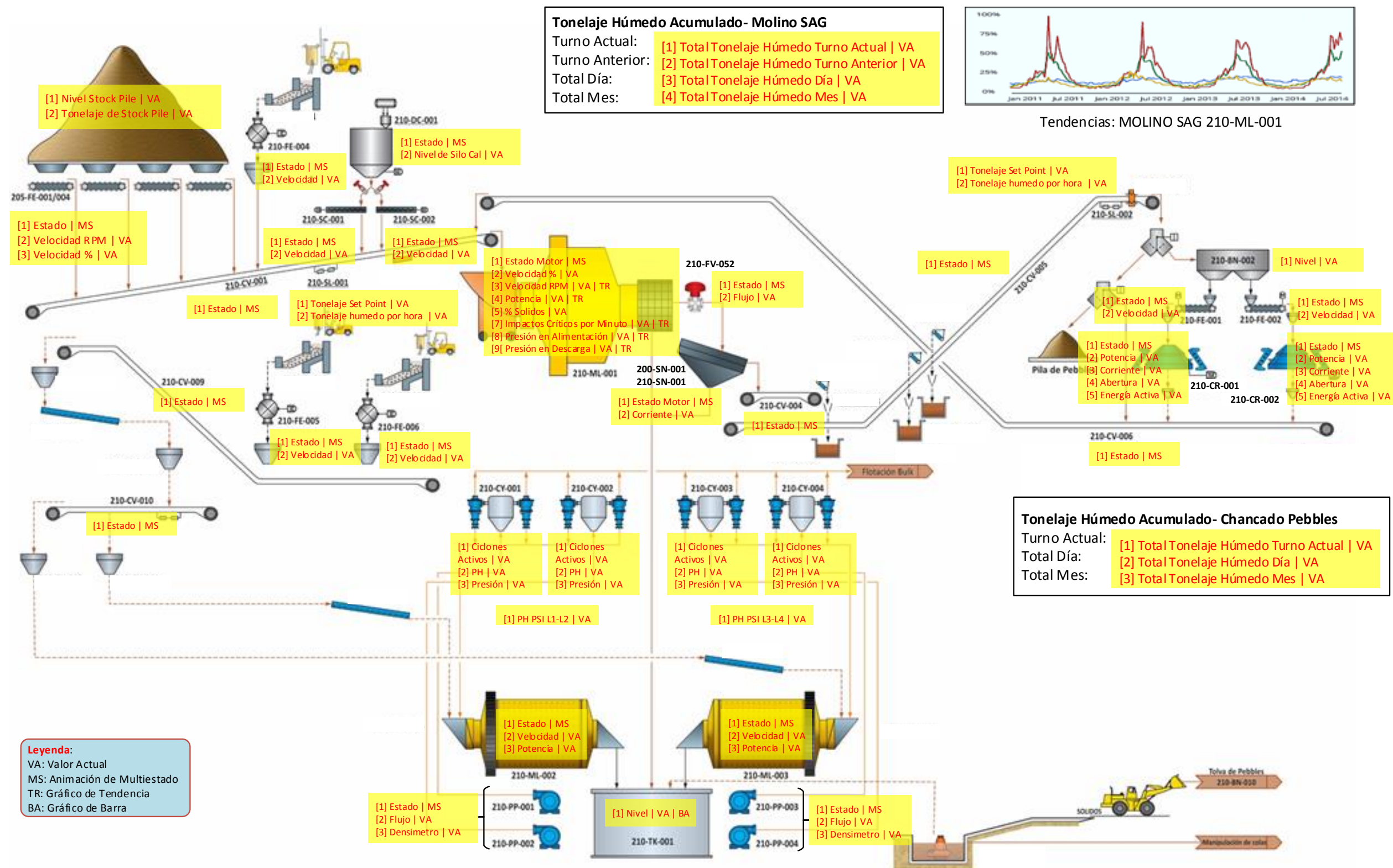
	First letters		Succeeding letters		
	Measured/Initiating Variable	Variable Modifier	Readout/Passive Function	Output/Active Function	Function Modifier
A	Analysis		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	User's			Control	Close
D	User's Choice	Difference, Differential			Deviation
E	Voltage		Sensor, Primary Element		
F	Flow, Flow Rate	Ratio			
G	User's Choice		Glass, Gauge, Viewing Device		
H	Hand				High
I	Current		Indicate		
J	Power		Scan		
K	Time, Schedule	Time Rate of Change		Control Station	
L	Level		Light		Low
M	User's Choice				Middle, Intermediate
N	User's Choice		User's Choice	User's Choice	User's Choice
O	User's Choice		Orifice, Restriction		Open
P	Pressure		Point (Test Connection)		
Q	Quantity	Integrate, Totalize	Integrate, Totalize		
R	Radiation		Record		Run
S	Speed, Frequency	Safety		Switch	Stop
T	Temperature			Transmit	
U	Multivariable		Multifunction	Multifunction	
V	Vibration, Mechanical Analysis			Valve, Damper, Louver	
W	Weight, Force		Well, Probe		
X	Unclassified	X-axis	Accessory Devices, Unclassified	Unclassified	Unclassified
Y	Event, State, Presence	Y-axis		Auxiliary Devices	
Z	Position, Dimension	Z-axis, Safety Instrumented System		Driver, Actuator, Unclassified final control element	

ANEXO 25: DISEÑOS DE PANTALLAS DE CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA CONCENTRADORA

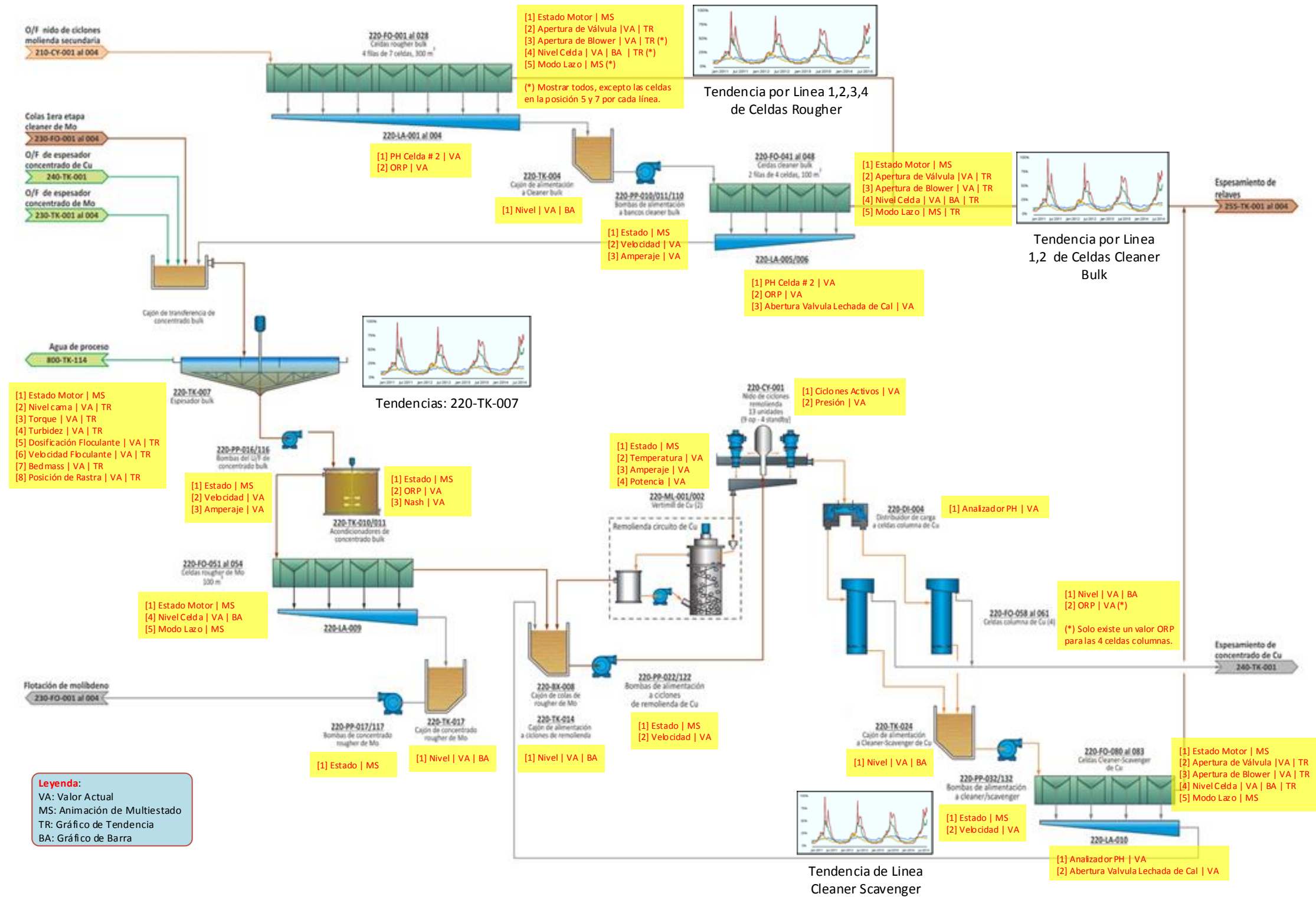
Anexo 25.1: Diseño de Pantalla de Chancado (200)

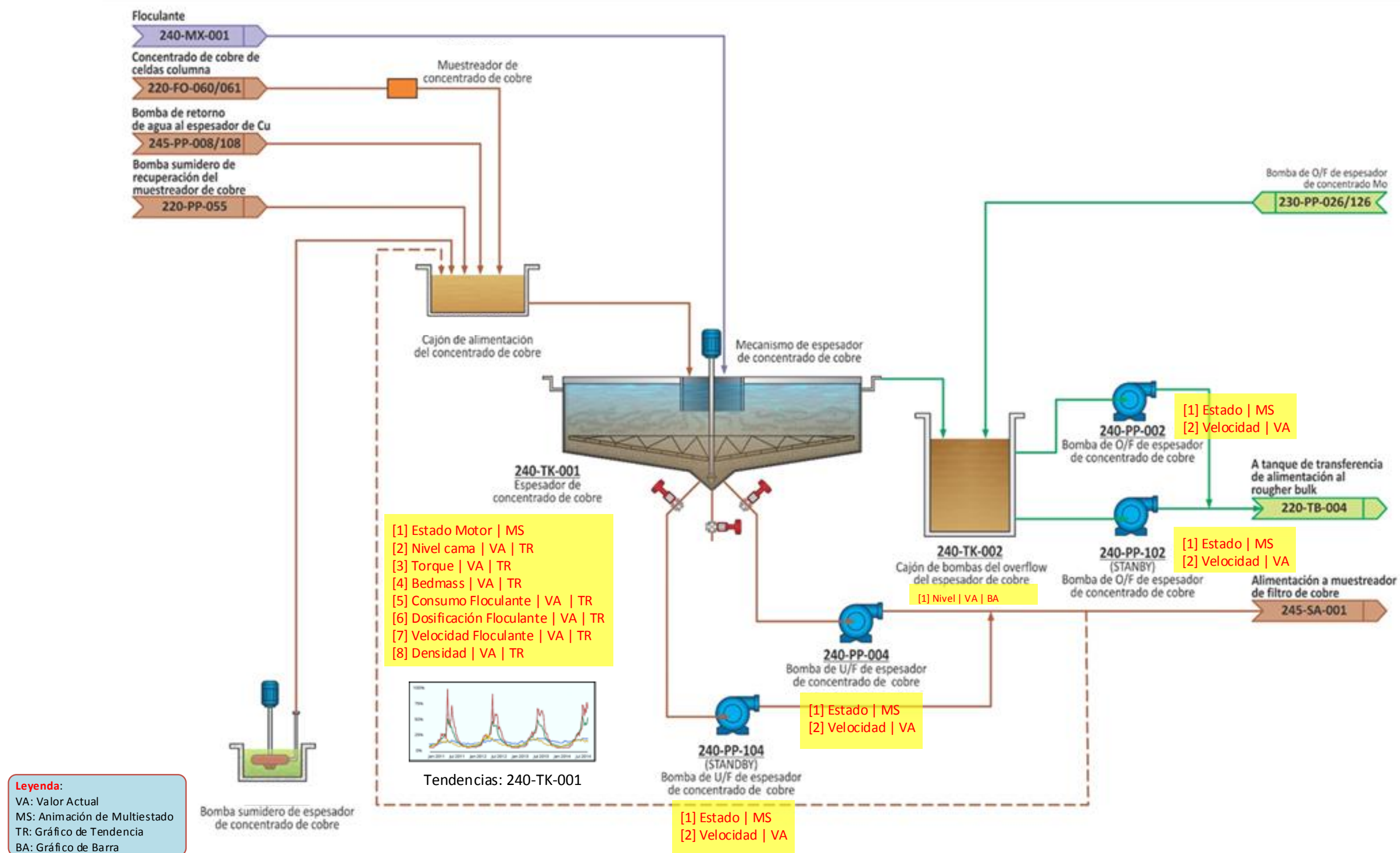


Anexo 25.2: Diseño de Pantalla de Molienda (210)

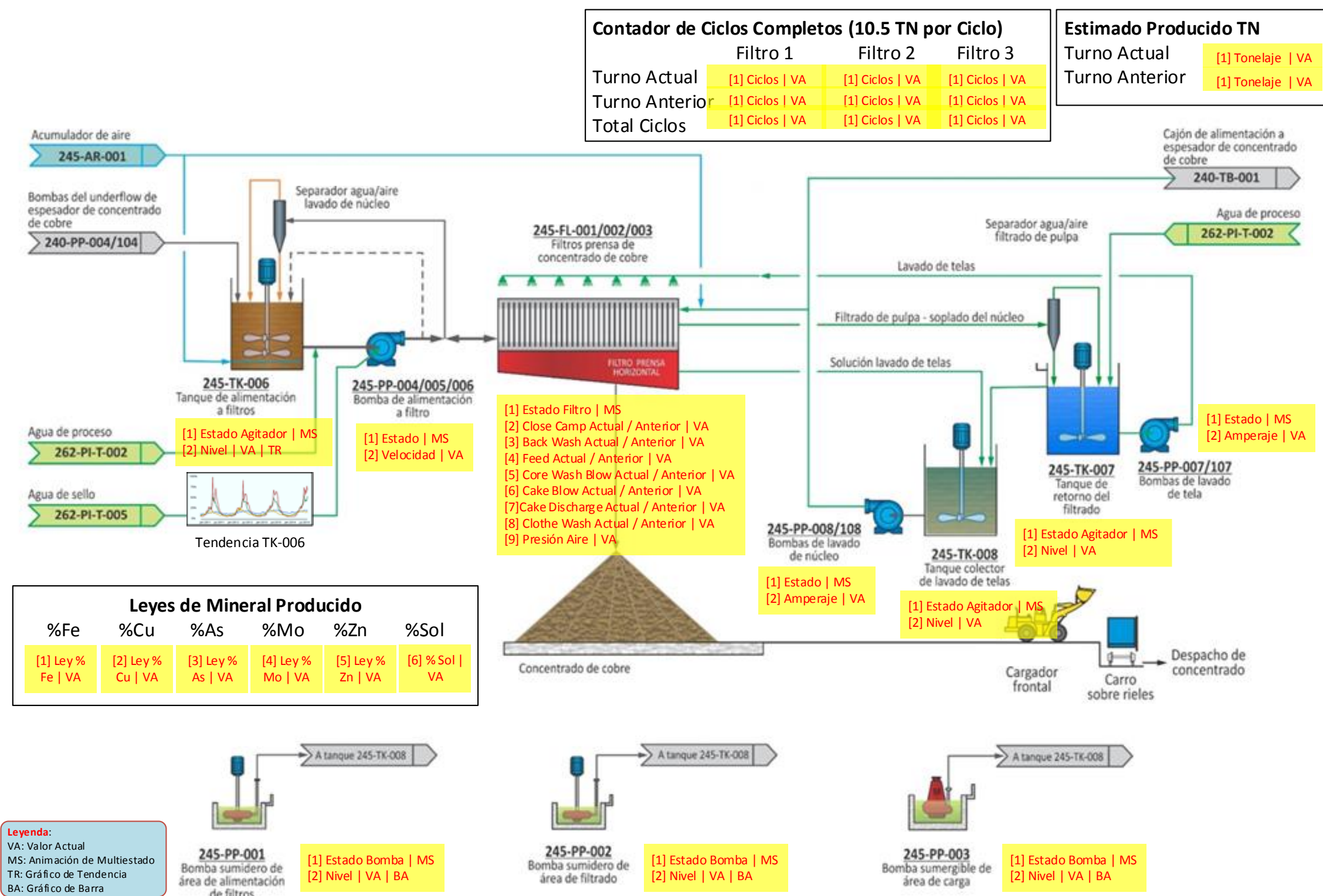


Anexo 25.3: Diseño de Pantalla de Flotación Bulk / Espesador Cu (220, 240)

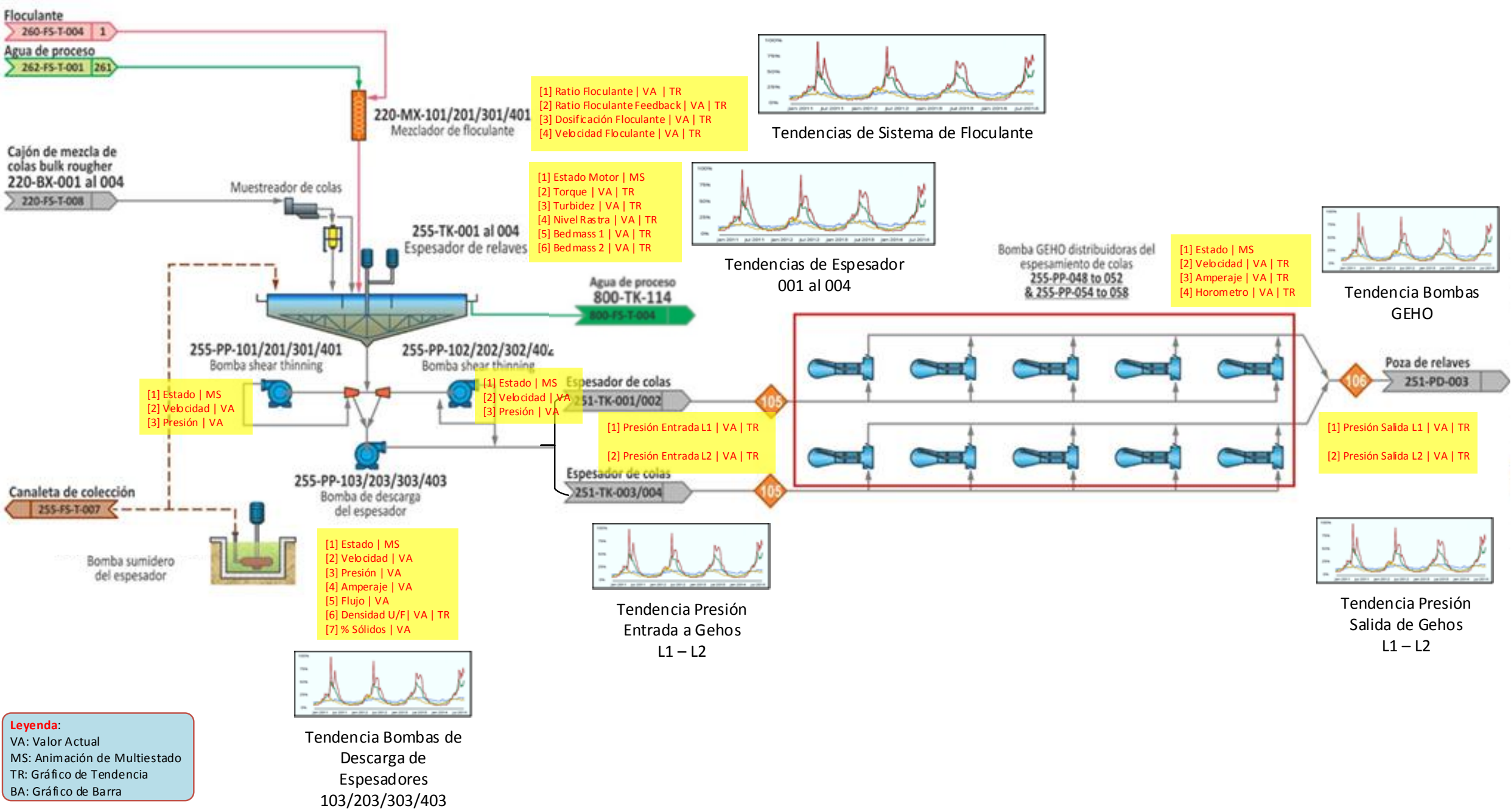




Anexo 25.4: Diseño de Pantalla de Filtrados (245)



Anexo 25.5: Diseño de Pantalla de Relaves (255)



Anexo 25.6: Diseño de Pantalla de Courier

COURIER ROUGHER BULK 220-AZ-010

	%Fe	%Cu	%As	%Mo	Ag (g/t)	%Sol	Estado Señal
Alimentación Rougher L-1	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Alimentación Rougher L-2	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Alimentación Rougher L-3	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Alimentación Rougher L-4	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Cola Rougher L-1	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Cola Rougher L-2	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Cola Rougher L-3	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Cola Rougher L-4	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	MS
Concentrado Rougher L-1	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Concentrado Rougher L-2	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Concentrado Rougher L-3	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Concentrado Rougher L-4	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Cola Cleaner Rougher L-1	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Cola Cleaner Rougher L-2	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Concentrado Cleaner L-1	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	
Concentrado Cleaner L-2	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA	

COURIER CONCENTRADOS 220-AZ-030

Concentrado Final	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA
-------------------	----	---------	----	----	----	----

COURIER PLANTA MOLY 230-AZ-010

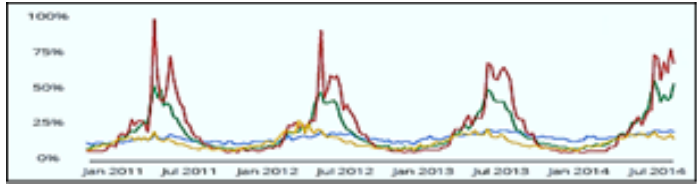
Cola Relave Final	VA	VA TR	VA	VA	VA	VA
-------------------	----	---------	----	----	----	----

Leyenda:
VA: Valor Actual
MS: Animación de Multiestado
TR: Gráfico de Tendencia
BA: Gráfico de Barra

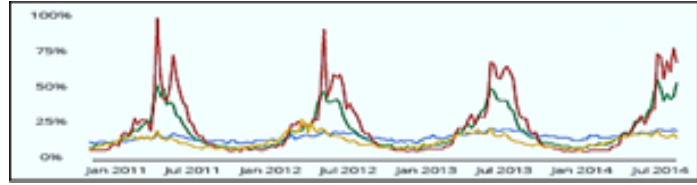
Recuperación
VA
VA
VA
VA

VA
VA

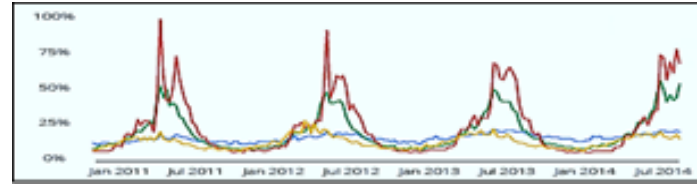
VA



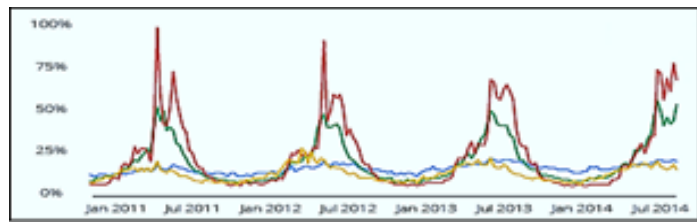
Tendencia: Alimentación Rougher L1 a L4



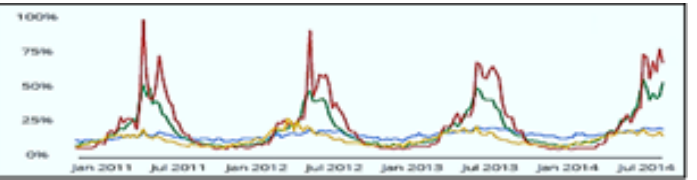
Tendencia: Cola Rougher L1 a L4



Tendencia: Concentrado Rougher L1 a L4

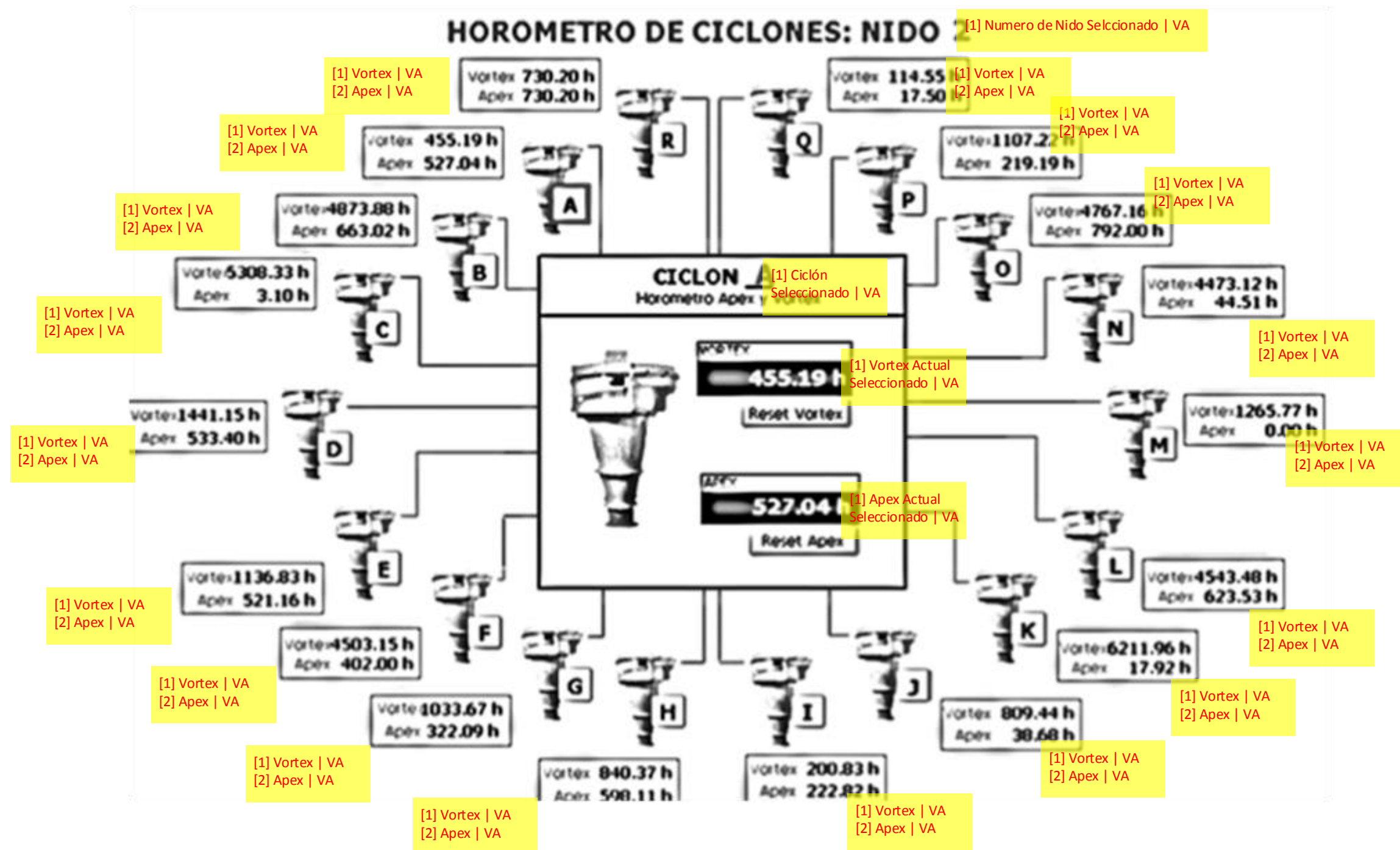


Tendencia: Cola y Concentrado Cleaner
Rougher L1 – L2

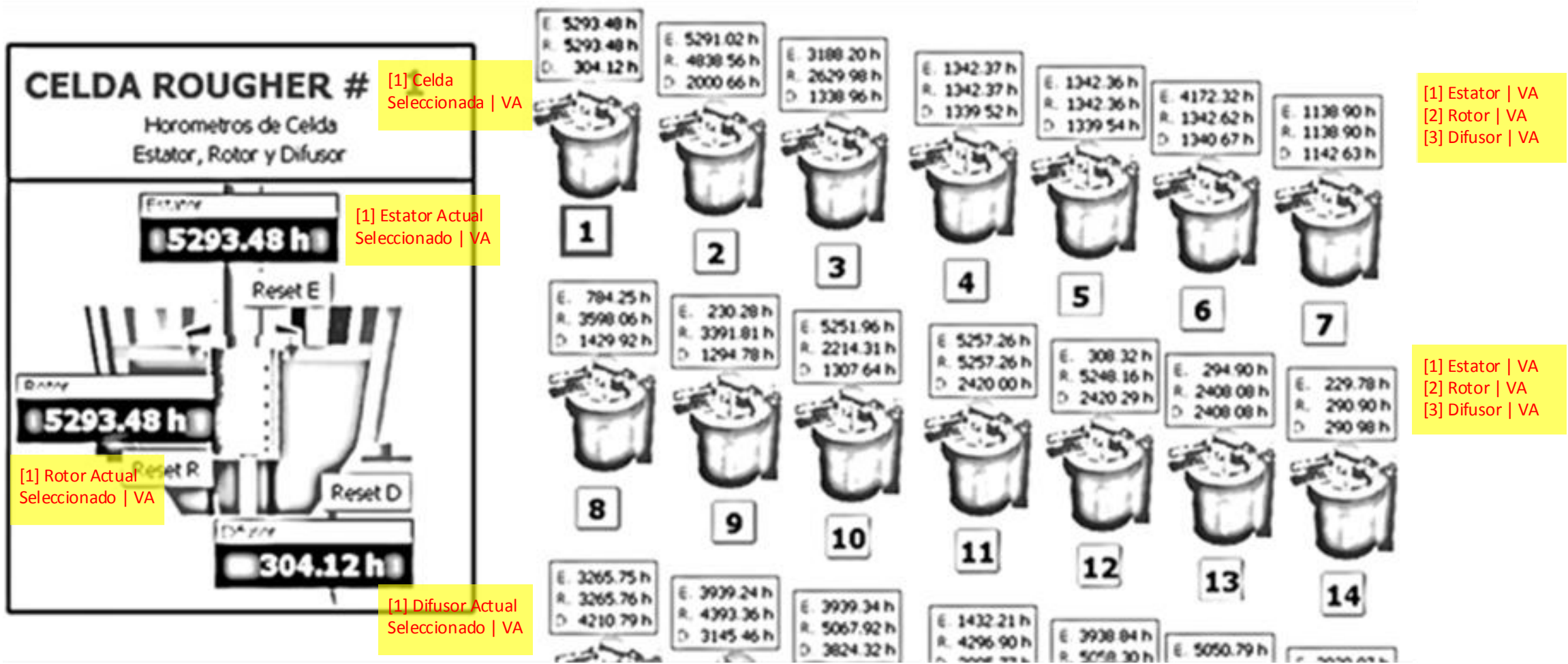


Tendencia: Concentrado y Cola Final

Anexo 26.1: Diseño de Pantalla de Reset de Nido de Ciclones 1, 2, 3, 4



Anexo 26.2: Diseño de Pantalla de Reset de Celdas de Flotación 001 al 028



ANEXO 27: ENCUESTA EN GOOGLE FORMS REFERENTE AL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PI SYSTEM

Encuesta de Impacto de la Integración e Implantación de PI System

El presente es una encuesta para evaluar el impacto de PI System en la compañía minera, enfocado a las áreas de la Vicepresidencia de Operaciones Planta.

* Required

Nombre Completo *

Your answer

Código de Fotocheck *

Your answer

¿En que área trabaja? *

☐ Planta

☐ Mantenimiento

☐ Metalurgia

☐ Control de Procesos

☐ Costos

¿Qué cargo desempeña en la compañía minera? *

☐ Técnico

☐ Ingeniero

☐ Ingeniero Senior

☐ Supervisor

☐ Jefe

☐ Gerente

☐ VP

¿Qué software usa regularmente para analizar datos de la planta concentradora? *

☐ PI System

☐ System 800 xa

☐ Logix 5000

☐ Otros

☐ No conozco del tema (ND)

Si usa PI System ¿Qué módulo de PI System usa más? *

☐ PI Processbook

☐ PI Datalink

☐ PI AF

☐ No conozco del tema (ND)

Desde su punto de vista: ¿Considera Ud. que el uso de herramientas de análisis operativos tienen un impacto positivo respecto a la mejora de procesos en la planta concentradora? *

☐ Muy en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ No estoy seguro

☐ De acuerdo

☐ Muy de acuerdo